Environment Canada
Environmental Protection Service

Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement

ENVIRO
Technical
Information for
Problem
Spills

AMMONIUM PHOSPHATES

March 1984

Canada

85-0074/

ENVIRONMENTAL AND TECHNICAL INFORMATION FOR PROBLEM SPILLS MANUALS

Environmental and Technical Information for Problem Spills (EnviroTIPS) manuals provide detailed information on chemical substances. This information is intended to assist the reader in designing countermeasures for spills and to assess their impact on the environment. The manual has been reviewed by the Technical Services Branch, Environmental Protection Service, and approved for publication. Approval does not necessarily signify that the contents reflect the views and policies of the Environmental Protection Service. Mention of trade names or commercial products does not constitute endorsement for use.

AMMONIUM PHOSPHATES

ENVIRONMENTAL AND TECHNICAL INFORMATION FOR PROBLEM SPILLS

Technical Services Branch
Environmental Protection Programs Directorate
Environmental Protection Service
Ottawa, Canada

March 1984

© Minister of Supply and Services Canada
Cat. No. En 48-10/5-1984E
ISBN 0-662-13178-9
BEAUREGARD PRESS LIMITED

FOREWORD

The Environmental and Technical Information for Problem Spills (EnviroTIPS) manuals were initiated in 1981 to provide comprehensive information on chemicals that are spilled frequently in Canada. The manuals are intended to be used by spill specialists for designing countermeasures for spills and to assess their effects on the environment. The major focus of EnviroTIPS manuals is environmental. The manuals are not intended to be used by first-response personnel because of the length and technical content; a number of manuals intended for first-response use are available. The information presented in this manual was largely obtained from literature review. Efforts were made, both in compilation and in review, to ensure that the information is as correct as possible. Publication of these data does not signify that they are recommended by the Government of Canada nor by any other group.

ACKNOWLEDGEMENTS

The final version of this manual was prepared by the staff of the Environmental Protection Service who rewrote the text, drafted illustrations and incorporated all comments and additions.

The draft of this manual was prepared under contract with Environment Canada by M.M. Dillon Consulting Engineers and Planners, Concord Scientific Corporation, and Waterloo Engineering Limited. The level of detail present was made possible by the many individuals, organizations and associations who provided technical data and comments throughout the compilation and subsequent review.

TABLE OF CONTENTS

		Page
FOREWORD		i
ACKNOWLEDGEMENTS		i
LIST OF FIGURES		vi
LIST OF TABLES		vii
1	SUMMARY	1
2	PHYSICAL AND CHEMICAL DATA	3
3	COMMERCE AND PRODUCTION	7
3.1	Grades, Purities	7
3.1.1	Diammonium Phosphate	7
3.1.2	Monoammonium Phosphate	7
3.2	Domestic Manufacturers	7
3.3	Other Suppliers	8
3.4	Major Transportation Routes	8
3.5	Production Levels	8
3.6	Manufacture of Ammonium Phosphates	9
3.6.1	General	9
3.6.2	Raw Materials	9
3.6.3	Process	9
3.7	Future Development	9
3.8	Major Uses in Canada	9
3.8.1	Monoammonium Phosphate	9
3.8.2	Diammonium Phosphate	10
3.9	Major Buyers in Canada	10
4	MATERIAL HANDLING AND COMPATIBILITY	11
4.1	Containers and Transportation	11
4.1.1	Bulk Shipment	11
4.1.1.1	Railway cars	11
4.1.1.2	Motor vehicles	11
4.1.2	Packaging	14
4.2	Off-loading	14
4.2.1	Off-loading Equipment and Procedures	14
4.2.2	Specifications and Materials	14
4.3	Compatibility with Materials of Construction	14
5	CONTAMINANT TRANSPORT	18
5.1	General Summary	18
5.2	Leak Nomograms	18
5.2.1	Introduction	18
5.2.2	Nomograms	19

		Page
5.2.2.1	Figure 4: Percent remaining versus time	19
5.2.2.2	Figure 5: Discharge rate versus time	19
5.2.3	Sample Calculations	21
5.3	Dispersion in Air	21
5.4	Behaviour in Water	21
5.4.1	Introduction	21
5.4.2	Nomograms	22
5.4.2.1	Nomograms for non-tidal rivers	22
5.4.2.2	Nomograms for lakes or still water bodies	25
5.4.3	Sample Calculations	33
5.4.3.1	Pollutant concentration in non-tidal rivers	33
5.4.3.2	Average pollutant concentration in lakes or still water bodies	34
5.5	Subsurface Behaviour: Penetration into Soil	34
5.5.1	Mechanisms	34
5.5.2	Equations Describing Diammonium Phosphate Movement into Soil	35
5.5.3	Saturated Hydraulic Conductivity of Diammonium Phosphate in Soil	35
5.5.4	Soils	37
5.5.5	Penetration Nomograms	37
5.5.6	Sample Calculation	37
6	ENVIRONMENTAL DATA	43
6.1	Suggested or Regulated Limits	43
6.1.1	Water	43
6.1.2	Air	43
6.2	Aquatic Toxicity	43
6.2.1	U.S. Toxicity Rating	43
6.2.2	Measured Toxicities	43
6.2.2.1	Freshwater toxicity	43
6.2.3	Aquatic Studies	44
6.3	Effect Studies	44
6.4	Degradation	44
6.5	Long-term Fate and Effects	44
7	HUMAN HEALTH	45
7.1	Recommended Exposure Limits	45
7.2	Irritation Data	45
7.2.1	Skin Contact	45
7.2.2	Eye Contact	45
7.3	Threshold Perception Properties	46
7.3.1	Odour	46
7.3.2	Taste	46
7.4	Long-term Studies	46
7.4.1	Inhalation	46
7.4.2	Ingestion	46
7.5	Symptoms of Exposure	46
7.5.1	Inhalation	46
7.5.2	Ingestion	46
7.5.3	Skin Contact	47

		Page
7.5.4	Eye Contact	47
7.6	Human Toxicity to Decay or Combustion Products	47
7.6.1	Nitric Oxide, Nitrogen Dioxide, Nitrogen Tetroxide and Ammonia	47
8	CHEMICAL COMPATIBILITY	49
8.1	Compatibility of Ammonium Phosphate (Monobasic) with Other Chemicals and Chemical Groups	49
9	COUNTERMEASURES	50
9.1	Recommended Handling Procedures	50
9.1.1	Fire Concerns	50
9.1.2	Fire Extinguishing Agents	50
9.1.3	Spill Actions, Cleanup and Treatment	50
9.1.3.1	General	50
9.1.3.2	Spills on land	50
9.1.3.3	Spills on water	50
9.1.4	Disposal	50
9.1.5	Protective Measures	50
9.1.6	Special Precautions	51
10	PREVIOUS SPILL EXPERIENCE	52
10.1	Tank Spill	52
11	ANALYTICAL METHODS	53
11.1	Quantitative Method for the Detection of Ammonium Phosphates in Air	53
11.1.1	Colourimetric	53
11.2	Qualitative Method for the Detection of Ammonium Phosphates in Air	54
11.3	Quantitative Method for the Detection of Ammonium Phosphates in Water	54
11.3.1	Colourimetric	54
11.4	Qualitative Method for the Detection of Ammonium Phosphates in Water	54
11.5	Quantitative Method for the Detection of Ammonium Phosphates in Soil	55
11.5.1	Titrimetric	55
11.6	Qualitative Method for the Detection of Ammonium Phosphates in Soil	55
12	REFERENCES AND BIBLIOGRAPHY	56
12.1	References	56
12.2	Bibliography	59

LIST OF FIGURES

Figure		Page
1	SOLUBILITY IN WATER vs TEMPERATURE	6
2	RAILWAY TANK CAR - CLASS 111A60W1	12
3	TANK CAR WITH PUNCTURE HOLE IN BOTTOM	19
4	PERCENT REMAINING vs TIME	20
5	DISCHARGE RATE vs TIME	20
6	FLOWCHART TO DETERMINE POLLUTANT CONCENTRATION IN NON-TIDAL RIVERS	23
7	TIME vs DISTANCE	24
8	HYDRAULIC RADIUS vs CHANNEL WIDTH	26
9	DIFFUSION COEFFICIENT vs HYDRAULIC RADIUS	27
10	ALPHA vs DIFFUSION COEFFICIENT	28
11	ALPHA vs DELTA	29
12	MAXIMUM CONCENTRATION vs DELTA	30
13	VOLUME vs RADIUS	31
14	AVERAGE CONCENTRATION vs VOLUME	32
15	SCHEMATIC SOIL TRANSPORT	36
16	FLOWCHART FOR NOMOGRAM USE	38
17	PENETRATION IN COARSE SAND	39
18	PENETRATION IN SILTY SAND	40
19	PENETRATION IN CLAY TILL	41

LIST OF TABLES

Table		Page
1	CONVERSION NOMOGRAMS	5
2	RAILWAY TANK CAR DESCRIPTIONS	11
3	TYPICAL RAILWAY TANK CAR SPECIFICATIONS - CLASS 111A60W1	13
4	COMPATIBILITY WITH MATERIALS OF CONSTRUCTION	16
5	MATERIALS OF CONSTRUCTION	17

1 SUMMARY

AMMONIUM PHOSPHATES ($NH_4H_2PO_4$ and $(NH_4)_2HPO_4$)

White granular or powdered solids, odourless or only faint odours

SYNONYMS

$(NH_4)_2HPO_4$; D.A.P.; Diammonium Phosphate; Ammonium Phosphate, dibasic; Ammonium Phosphate, secondary; Diammonium Orthophosphate; Diammonium Hydrogen Phosphate

$(NH_4)H_2PO_4$; M.A.P.; Monoammonium Phosphate; Monoammonium Orthophosphate; Ammonium Phosphate, primary; Ammonium Acid Phosphate; Ammonium Biphosphate; Ammonium Dihydrogen Phosphate

IDENTIFICATION NUMBERS

UN. No. Not required; STCC No. 4918704; CAS No. (D.A.P.) 7783-28-0, (M.A.P.) 7722-76-1; OHM-TADS No. 7216590

GRADES & PURITIES

D.A.P.	- technical:	53 percent P_2O_5 and 25 percent NH_3
	- food:	53.5 percent P_2O_5 and 25.4 percent NH_3
M.A.P.	- technical:	60 percent P_2O_5 and 14.5 percent NH_3
	- feed:	>24 percent phosphorus
	- food:	61.5 percent P_2O_5 and 14.5 percent NH_3
Fertilizer Grade:		18-46-0 (22 percent NH_3)
		11-48-0 (13 percent NH_3)
		11-51-0 (13 percent NH_3)

IMMEDIATE CONCERNS

Fire: Not combustible. Toxic and irritating fumes of ammonia, phosphorus oxides and nitrogen oxides may form in fires

Human Health: Low order of toxicity by inhalation, contact or ingestion

Environment: Harmful to aquatic life in high concentrations

PHYSICAL PROPERTY DATA

	D.A.P.	M.A.P.
State (15°C, 1 atm):	solid	solid
Melting Point:	decomposes at 155°C	190°C
Flammability:	not flammable	not flammable
Specific Gravity (water=1):	1.619 (20°C)	1.803 (19°C)
Solubility (in water):	69 g/100 g (20°C)	38 g/100 g (20°C)
Behaviour (in water):	sinks and mixes	sinks and mixes
Odour Threshold:	odourless	odourless

ENVIRONMENTAL CONCERNS

Ammonium phosphates are nutrients in waters. Spills of ammonium phosphates can stimulate algal blooms and may alter species population balances in the aquatic environment. There is no potential for bioaccumulation or food chain contamination.

HUMAN HEALTH

No TLV or IDLH established

Exposure Effects

Inhalation: Monobasic form: Dust is irritating to eyes, nose and throat. If inhaled, causes coughing or difficult breathing

Dibasic form: Ammonia vapours released as a result of decomposition in closed areas can cause coughing, difficult breathing and lung irritation

Contact: Contact with solid forms may cause mild irritation to skin and eyes

IMMEDIATE ACTION

Spill Control

Restrict access to spill site. Notify fire department and manufacturer. Stop the flow and contain spill, if safe to do so. Keep contaminated water from entering sewers or watercourses. Avoid contact with solid.

Fire Control

Not combustible.

COUNTERMEASURES

Emergency Control Procedures in/on

Soil: Construct barriers to contain spill. Shovel into containers with covers

Water: Contain by damming, water diversion or natural barriers. Dredge or vacuum pump to remove contaminants, liquids and contaminated bottom sediments

2 PHYSICAL AND CHEMICAL DATA

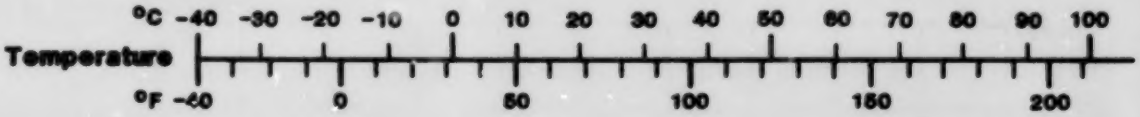
Physical State Properties	Monoammonium Phosphate	Diammonium Phosphate
Appearance	Pure: White, anhydrous crystalline salt (ERCO PDS 1981a) Fertilizer Grade: Greenish granules - if made from western rock Grey granules - if made from Florida rock (CCPA 1982)	Pure: White, anhydrous crystalline salt (ERCO PDS 1981b) Fertilizer Grade: Greenish granules - if made from western rock Grey to brown granules - if made from Florida rock (CCPA 1982)
Usual shipping state(s)	Crystalline salt (ERCO PDS 1981a)	Crystalline salt (ERCO PDS 1981b)
Physical state at 15°C, 1 atm	Solid	Solid
Melting point	190°C (CRC 1980)	Decomposes at 155°C before melting (CRC 1980)
Decomposition temperature		155°C (CRC 1980)
Densities		
Bulk density	990 kg/m^3 (ERCO PDS 1981a)	990 kg/m^3 (ERCO PDS 1981b)
Specific gravity	1.803 (19°C) (CRC 1980)	1.619 (20°C) (CRC 1980)
Fire Properties		
Flammability	Nonflammable (ERCO PDS 1981a)	Nonflammable (ERCO PDS 1981b)
Decomposition products	Ammonia and phosphoric acids	
Behaviour in a fire	May liberate ammonia, oxides of nitrogen, and phosphorus (U.S. DOL MSDS 1979)	
Other Properties		
Molecular weight of pure substance	115.03 (CRC 1980)	132.05 (CRC 1980)
Constituent components of typical food grade	61.5% P_2O_5 14.5% NH_3 0.25% moisture (ERCO PDS 1981a)	53.5% P_2O_5 25.4% NH_3 0.3% moisture (ERCO PDS 1981b)

	Monoammonium Phosphate	Diammonium Phosphate
Refractive index	1.479 (CRC 1980)	1.52 (CRC 1980)
Heat of formation	-1445 kJ/mole (25°C) (Lange's Handbook 1979)	-1567 kJ/mole (25°C) (Lange's Handbook 1979)
Heat capacity		
constant pressure (Cp)	142 J/mole•°C (25°C) (Lange's Handbook 1979)	188 J/mole•°C (25°C) (Lange's Handbook 1979)
pH of aqueous solution	4.5 (1% sol'n) (20°C) (ERCO PDS 1981a)	8.0 (1% sol'n) (20°C) (ERCO PDS 1981b)
Solubility		
In water	22 g/100 g (0°C) 38 g/100 g (20°C) 168 g/100 g (100°C) (ERCO PDS 1981a)	43 g/100 g (0°C) 69 g/100 g (20°C) 97 g/100 g (60°C) (ERCO PDS 1981b)
In other common materials	Insoluble in acetone (CRC 1980)	Insoluble in ethanol, acetone and ammonia (CRC 1980)

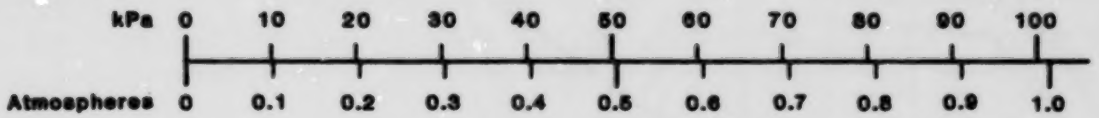
TABLE 1

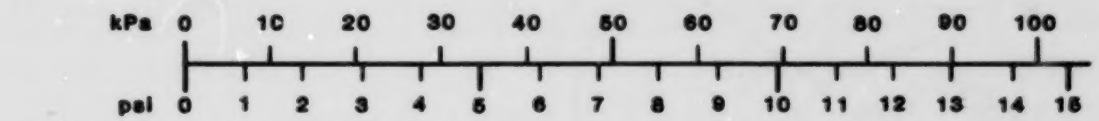
AMMONIUM PHOSPHATES

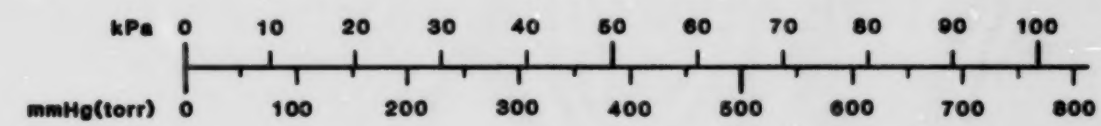
CONVERSION NOMOGRAMS



Pressure 1 kPa = 1,000 Pa







Viscosity

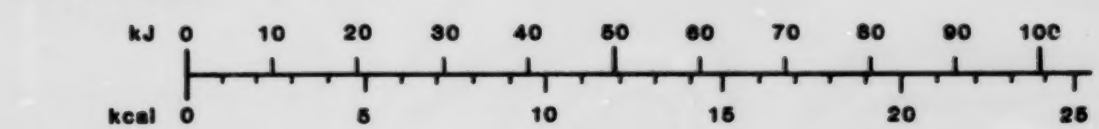
Dynamic 1 Pa-s = 1,000 centipoise (cP)

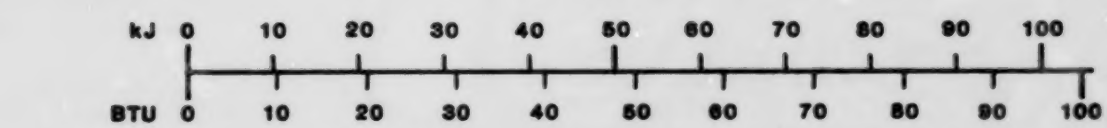
Kinematic 1 m^2/s = 1,000,000 centistokes (cSt)

Concentration (in water)

1 ppm ≅ 1 mg/L

Energy (heat) 1 kJ = 1,000 J





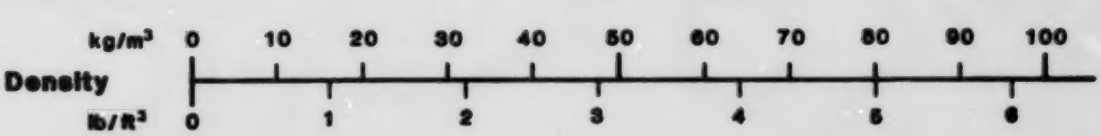
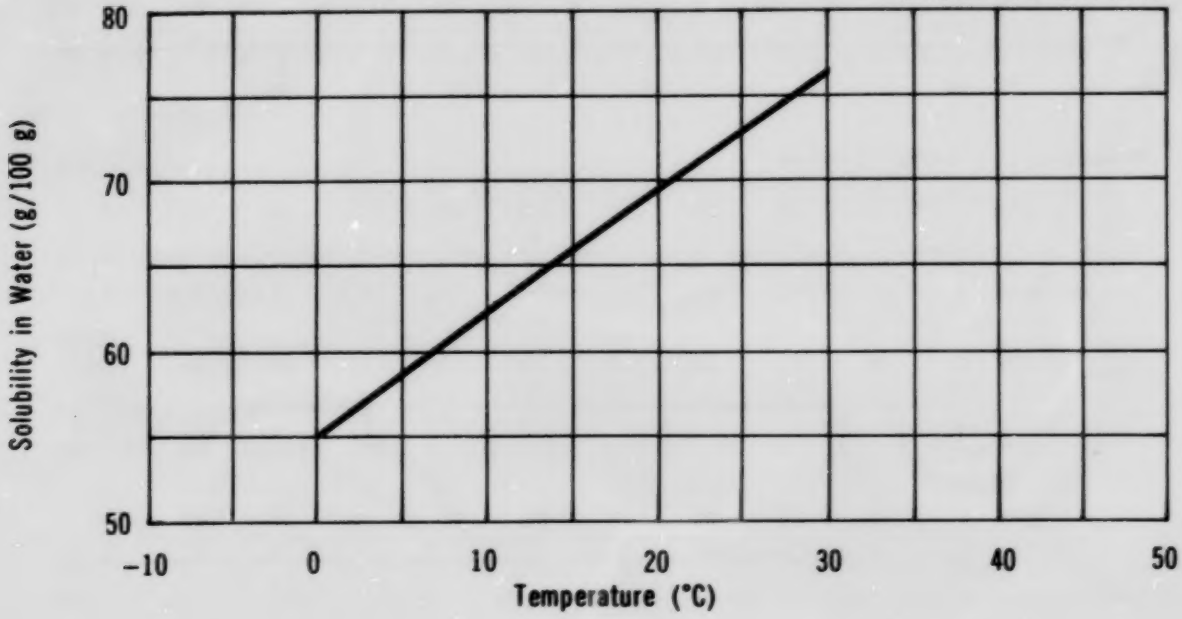


FIGURE 1

DIAMMONIUM PHOSPHATE

SOLUBILITY IN WATER vs TEMPERATURE

Reference: CHRIS 1978



3 COMMERCE AND PRODUCTION

3.1 Grades, Purities

3.1.1 Diammonium Phosphate. Diammonium phosphate is an anhydrous, white/grey to brown granular material and is shipped most commonly in fertilizer grades. The technical grade is available in granular and 100-mesh powdered free-flowing forms, with a minimum of 53.0 percent P_2O_5 and 25.0 percent NH_3 (Stauffer IDS 1981). The food grade is in a crystalline form, with a minimum of 53.5 percent P_2O_5 and 25.4 percent NH_3 (ERCO PDS 1981b).

3.1.2 Monoammonium Phosphate. Monoammonium phosphate is a white granular or powdered solid and is available in a technical, fertilizer, food or feed grade (Stauffer IDS 1981; IMC 1976; ERCO PDS 1981a). The technical grade is in granular or powdered free-flowing forms, with a minimum of 60 percent P_2O_5 and a minimum of 14.5 percent NH_3 (Stauffer IDS 1981). The feed grade is in free-flowing granular form, with a minimum of 24 percent phosphorus (IMC 1976). The food grade is in crystalline form, with a minimum of 61.5 percent P_2O_5 and 14.5 percent NH_3 (ERCO PDS 1981a).

3.2 Domestic Manufacturers (CBG 1980; CCPA 1981; Scott 1979)

These are corporate headquarters' addresses and are not intended as spill response contacts.

Belledune Fertilizer, Division of
Canada Wire and Cable
147 Laird Drive
Toronto, Ontario
M4G 3W1
(416) 421-0440

C-I-L Inc.
45 Sheppard Avenue East
Willowdale, Ontario
M2N 2Z9
(416) 226-6110

Cominco Ltd.
200 Granville Street
Vancouver, British Columbia
V6C 2R2
(604) 682-0611

Erco Industries Ltd.
2 Gibbs Road
Islington, Ontario
M9B 1R1
(416) 239-7111

Esso Chemical Canada
2300 Yonge Street
Toronto, Ontario
M5W 1L3
(416) 488-6600

International Minerals & Chemical
Corp. (Canada) Ltd. (IMC)
P.O. Box 310
Esterhazy, Saskatchewan
S0A 0X0
(306) 745-3931

Simplot Chemical
P.O. Box 940
Brandon, Manitoba
R7A 6A1
(204) 728-5701

Western Co-operative Fertilizers
11111 Barlow Trail S.E.
P.O. Box 2500
Calgary, Alberta
T2P 2X1
(403) 279-4421

3.3 Other Suppliers (Corpus 1981)

All suppliers listed distribute the product as fertilizer.

Agricultural Chemicals
Highway 22
London, Ontario
(519) 471-6550

Cyanamid Canada Inc.
19400 TransCanada Highway
Baie D'Urfe, Quebec
H9X 3N7
(514) 457-2110

Cooperative Federee du Quebec
1055 Marche Central
Montreal, Quebec
H4N 1K3
(514) 384-6450

United Co-Operatives of Ontario
151 City Centre Drive
Mississauga, Ontario
L5B 1M7
(416) 270-3560

3.4 Major Transportation Routes

Current Canadian production of ammonium phosphates is very widespread, occurring in 6 out of 10 provinces. The largest production facilities are near Fort Saskatchewan and near Calgary, Alberta; in central New Brunswick; and in Kimberley and Trail, B.C.

3.5 Production Levels (Corpus 1982; PC 1981)

Company, Plant Location	Nameplate Capacity kilotonnes/yr (1981)
Belledune Fertilizer, Belledune, N.B.	272
C-I-L Inc., Courtright, Ont.	170
Cominco, Trail, B.C.	160
Cominco, Kimberley, B.C.	175
Erco Industries, Buckingham, Que.	5
Esso Chemical Canada, Redwater, Alta.*	430
Sherritt Gordon Mines, Ft. Saskatchewan, Alta.	123
Simplot Chemical, Brandon, Man.	145
Western Cooperative Fertilizers, Calgary, Alta.	260
Western Cooperative Fertilizers, Medicine Hat, Alta.	181
TOTAL	1,921

Company, Plant Location	Nameplate Capacity kilotonnes/yr (1981)
Domestic Production (1981)	1,428.0
Imports (1981)	259.5
TOTAL SUPPLY	1,687.5

*Includes phosphate for nitrate-phosphate blend.

3.6 Manufacture of Ammonium Phosphates

3.6.1 General. Phosphoric acid is neutralized with ammonia to form monoammonium and diammonium phosphates.

3.6.2 Raw Materials. The raw materials used are ammonia and acid-process phosphoric acid.

3.6.3 Process. The following process applies for the production of general fertilizers only. Ammonia gas and 30 to 47 percent phosphoric acid are mixed in either a mixing tank or a continuous flow reactor. The reaction produces a slurry of monoammonium or diammonium phosphate. Overall reactions are:

$$NH_3 + H_3PO_4 \longrightarrow (NH_4)H_2PO_4$$
$$2NH_3 + H_3PO_4 \longrightarrow (NH_4)_2HPO_4$$

depending on the proportion of ammonia used. The heat of reaction evaporates part of the water in the acid charge. From the reactor, the slurry is fed to a mill or drum where fines from previous batches are added; this promotes granule growth. The slurry is then discharged to a rotary dryer, then cooled and screened. Coarse product is ground, combined with fines and recycled to promote granule growth (Sherritt).

3.7 Future Development (Corpus 1982)

Esso Chemical Canada will be expanding its Redwater plant in Alberta for an increase in its ammonium phosphates capacity in the near future. Sherritt Gordon Mines are planning some expansion at their Fort Saskatchewan plant in Alberta.

3.8 Major Uses in Canada

3.8.1 Monoammonium Phosphate. It is used for specialty fertilizers, food ingredients, paints, an agent in dye baths, powder fire extinguishers and flameproofing of fabrics, wood and papers (ERCO PDS 1981a).

3.8.2 Diammonium Phosphate. It is used in fertilizers, food ingredients, flame retardants and pharmaceuticals (ERCO PDS 1981b).

3.9 Major Buyers in Canada (Corpus 1981; CBG 1980)

Agricultural Chemicals, London, Ontario
A & K Petro-Chem, Weston, Ont.
Alberta Wheat Pool, Edmonton, Alta.
Canada Colours, Toronto, Ont.
Cargill Grain, Winnipeg, Man.
Cooperative Federee du Quebec, Montreal, Que.
Cyanamid Canada, Montreal, Que.
Harrisons & Crosfield, Toronto, Ont.
Kingsley & Keith, Toronto, Ont.
Nitrochem, Maitland, Ont.
Mallinckrodt, Pt. Claire, Que.
Manitoba Pool Elevators, Winnipeg, Man.
Monsanto, Mississauga, Ont.
Noranda, Toronto, Ont.
Saskatchewan Wheat Pool, Regina, Sask.
Swift Canadian, Toronto, Ont.
United Co-operatives of Ontario, Mississauga, Ont.
United Grain Growers, Regina, Sask.

4 MATERIAL HANDLING AND COMPATIBILITY

4.1 Containers and Transportation

4.1.1 Bulk Shipment. Railway tankers and highway tank trucks are the basic means of transport for ammonium phosphates. The monobasic and dibasic forms are shipped as solids and sometimes in solution form.

4.1.1.1 Railway cars. As a solid granular material, ammonium phosphates are shipped in bagged form on box cars; as a solution, they are shipped in nonregulated tankers, with DOT/CTC 111A60W5 and 111A60W1 rail cars being most common (TCM 1979). These cars are described in Table 2 (TCM 1979).

Figure 2 shows a DOT/CTC 111A60W1 railway car used to transport ammonium phosphates solutions; Table 3 indicates details associated with this drawing (TCM 1979). As indicated in Table 2, tankers transporting ammonium phosphates solutions may be unloaded from top or bottom, depending on the class of car selected.

4.1.1.2 Motor vehicles. Trucks are used to carry shipments of ammonium phosphates in solid form. Flat beds or enclosed transport trucks carry bagged material while dump trucks or pneumatic-type trucks are used for bulk shipment (PC 1982). Liquid ammonium phosphates in solution form may be transported in nonregulated cargo tankers (PC 1982).

TABLE 2 RAILWAY TANK CAR DESCRIPTIONS

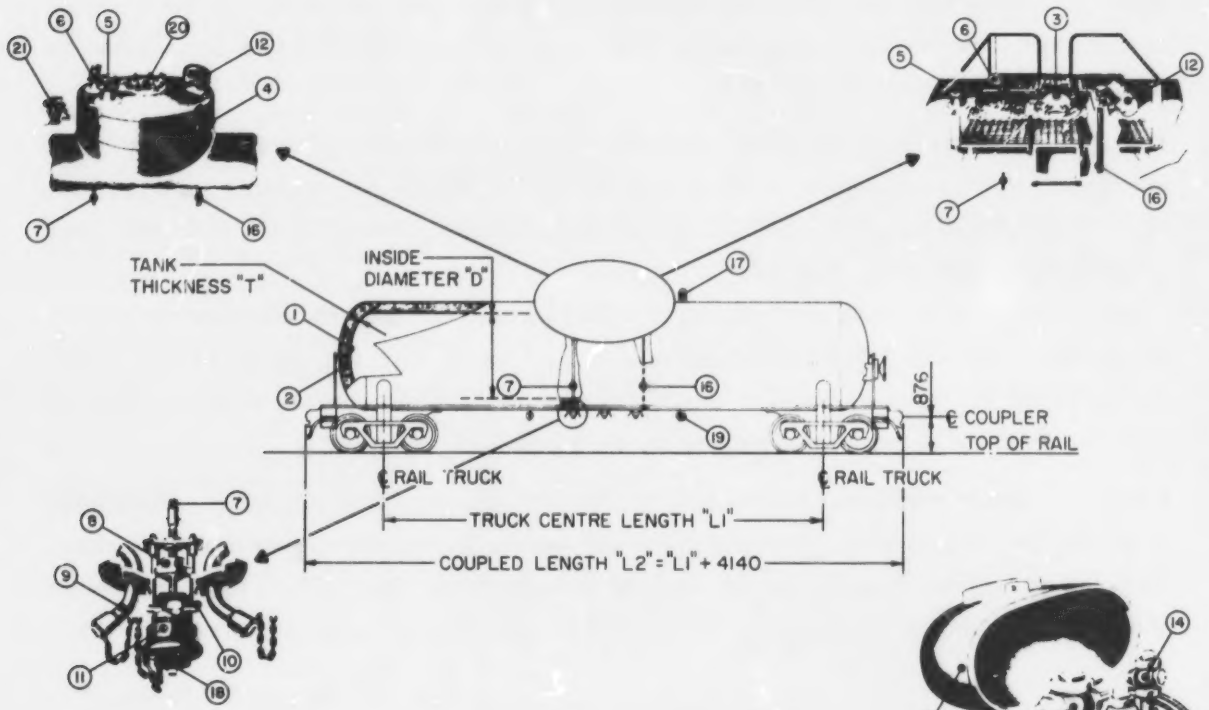
DOT/CTC* Specification Numbers	Description
111A60W5	Steel fusion-welded tank without dome. Uninsulated or insulated. Rubber-lined tank. 2% minimum outage. Gauging device. Top unloading arrangement required. Safety vent set at 414 kPa (60 psi). Bottom outlet or washout prohibited.
111A60W1	Same as 111A60W5 except no rubber lining and top unloading is not mandatory.
111A60W1 (1L)	Same as 111A60W1 except it is interior coated.

* Department of Transportation (U.S.) and Canadian Transport Commission

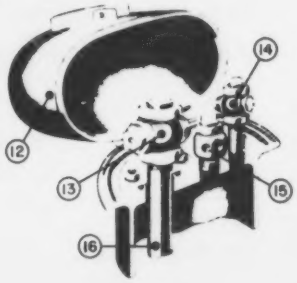
FIGURE 2

AMMONIUM PHOSPHATES

RAILWAY TANK CAR



BOTTOM UNLOADING CONNECTION DETAIL
(SEE NOTE 4)



TOP UNLOADING CONNECTION DETAIL

PARTS LIST			
PART	Q'TY	SIZE	DESCRIPTION
1	1	-	TANK SHELL
*2	-	-	INSULATION
*3	1	-	DOMELESS MANWAY COVER
*4	1	-	DOME
5	1	-	SAFETY VALVE
*6	1 to 3	-	STUFFING BOX
*7	1 to 3	-	OPERATING ROD
*8	1 to 3	150	INTERNAL STOP VALVE
*9	1 to 3	25	STEAM JACKET CONNECTION
*10	1 to 3	150	OUTLET NOZZLE EXTENSION
*11	1 to 3	-	CAP
*12	1	-	PROTECTIVE HOUSING COVER
*13	1	50	TOP UNLOADING CONNECTION VALVE
*14	1	25	AIR CONNECTION VALVE
*15	1	-	VACUUM RELIEF VALVE
*16	1	50	EDUCTION PIPE
*17	1	-	GAUGING DEVICE
*18	1 to 3	50	PIPE PLUG
*19	2	25	STEAM COIL CONNECTION VALVE
*20	1	-	DOME MANWAY COVER
*21	1	50	SAFETY VENT ASSEMBLY

NOTES:

1. ALL DIMENSIONS IN MILLIMETRES.
2. THIS DRAWING TO BE USED IN CONJUNCTION WITH RAILWAY CAR TABLE II IN TEXT. MATERIALS, CAPACITY, WEIGHTS AND LETTERED DIMENSIONS SPECIFIED THEREIN.
3. BOTTOM UNLOADING CONNECTIONS VARY IN NUMBER FROM ONE TO THREE DEPENDING ON MATERIAL TRANSPORTED. SEE TABLE II.
4. END OPTIONS FOR BOTTOM UNLOADING INCLUDE SLUICE VALVE, BOLTED BLANK FLANGE, SCREW CAP. SEE TABLE II.
5. "*" INDICATES THAT PART MAY OR MAY NOT BE REQUIRED. SEE TABLE II.

TABLE 3 TYPICAL RAILWAY TANK CAR SPECIFICATIONS - CLASS 111A60W1 (TCM 1979; RTDCR 1974)

Description	Tank Car Size		
	16,700 (Imp. gal.)	17,200 (Imp. gal.)	20,000 (Imp. gal.)
Overall			
Nominal capacity	75,700 L (16,700 gal.)	78,000 L (17,200 gal.)	90,900 L (20,000 gal.)
Car weight- empty	33,900 kg (74,700 lb.)	33,900 kg (74,700 lb.)	38,900 kg (85,800 lb.)
Car weight- (max.)	119,000 kg (262,000 lb.)	83,500 kg (184,000 lb.)	119,000 kg (262,000 lb.)
Tank			
Material	Steel	Steel	Steel
Thickness	11.1 mm (7/16 in.)	11.1 mm (7/16 in.)	11.1 mm (7/16 in.)
Inside diameter	2.60 m (102 in.)	2.62 m (103 in.)	2.74 m (108 in.)
Test pressure	414 kPa (60 psi)	414 kPa (60 psi)	414 kPa (60 psi)
Burst pressure	1,640 kPa (238 psi)	1,640 kPa (238 psi)	1,640 kPa (238 psi)
Approximate Dimensions			
Coupled length	17 m (56 ft.)	17 m (56 ft.)	18 m (59 ft.)
Length over strikers	16 m (52 ft.)	16 m (52 ft.)	17 m (56 ft.)
Length of truck centers	13 m (43 ft.)	13 m (43 ft.)	14 m (46 ft.)
Height to top of grating	4 m (13 ft.)	4 m (13 ft.)	4 m (13 ft.)
Overall height	5 m (16 ft.)	5 m (16 ft.)	5 m (16 ft.)
Overall width (over grabs)	3.2 m (126 in.)	3.2 m (126 in.)	3.2 m (126 in.)
Length of grating	2-3 m (7-10 ft.)	2-3 m (7-10 ft.)	2-3 m (7-10 ft.)
Width of grating	1.5-2 m (5-7 ft.)	1.5-2 m (5-7 ft.)	1.5-2 m (5-7 ft.)
Loading/Unloading Fixtures			
Top Unloading			
Unloading connection	51 mm (2 in.)	51 mm (2 in.)	51 mm (2 in.)
Manway/fill hole	203-356 mm (8-14 in.)	203-356 mm (8-14 in.)	203-356 mm (8-14 in.)
Air connection	25-51 mm (1-2 in.)	25-51 mm (1-2 in.)	25-51 mm (1-2 in.)
Bottom Unloading			
Bottom outlet	102-152 mm (4-6 in.)	102-152 mm (4-6 in.)	102-152 mm (4-6 in.)
Safety Devices	Safety vent or valve	Safety vent or valve	Safety vent or valve
Dome	None	None	None
Insulation	Optional	Optional	Optional

4.1.2 Packaging. In addition to bulk shipments, ammonium phosphates are shipped in paper bags. The granular material is packaged in 20, 40 or 45 kg net weight paper bags; the powdered form, usually 100 mesh, is packaged in 20, 23, or 40 kg net weight paper bags (Stauffer MSDS 1981).

4.2 Off-loading

4.2.1 Off-loading Equipment and Procedures. Both rail cars and highway tankers used to transport solid ammonium phosphates materials are unloaded in the same manner. Normal solids handling equipment such as front end loaders, conveyors, bins, etc., are used (PC 1982).

Solutions of ammonium phosphates are off-loaded from the top of rail cars or trucks by pump or from the bottom by pump or gravity flow. During top off-loading, the 51 mm (2 in.) pump suction line or unloading line is connected to the discharge valve at the top of the car; during bottom unloading, this line is attached to one of the 152 mm (6 in.) bottom outlets, complete with reducer, and then the internal bottom valve is opened by turning the handle at the top of the tanker. This bottom outlet may also be discharged to a storage tank by gravity alone (PC 1982).

4.2.2 Specifications and Materials. Dry ammonium phosphates, both monobasic and dibasic, are handled by materials commonly used in the construction of process equipment and storage facilities. For aqueous solutions, stainless steel material is recommended (Stauffer MSDS 1981).

Schedule 40 piping, flanged at joints, should be used. Fittings should be cast stainless steel. Installations of flexible line may be constructed of standard fittings using a number of elbows or natural rubber hosing. The flexible bellow-type expansion joints may also be used for flexible sections of the unloading line (Dow PPS 1972). For valving, cast iron or cast steel diaphragm valves lined with chlorinated polyether or polyvinylidene chloride resin serve adequately (Dow PPS 1972).

Centrifugal pumps with wet end parts of 304 or 316 stainless steel are recommended (HIS 1969).

4.3 Compatibility with Materials of Construction

The compatibility of ammonium phosphates with materials of construction is indicated in Table 4. The unbracketed abbreviations are derived from Table 5. The rating system for this report is briefly described below.

Recommended: This material will perform satisfactorily in the given application.

Conditional: Material will show deterioration in the given application; however, it may be suitable for intermittent or short-term service.

Not Recommended: Material will be severely affected in this application and should not be used.

TABLE 4 COMPATIBILITY WITH MATERIALS OF CONSTRUCTION

Application	Chemical		Material of Construction		
	Conc.	Temp. (°C)	Recommended	Conditional	Not Recommended
1. Pipes and Fittings		60	PVC I PVC II (DPPED 1967)		
		66	PVDC (DCRG 1978)		
		79	PP (DCRG 1978)		
		121	Chlorinated Polyether (DCRG 1978)		
		135	PVDF (DCRG 1978)		
		To operating limit of material	PVC I ABS PE (MWPP 1978)		
2. Valves	All	Boiling	SS 316 SSJ-20 (JSSV 1979)		
3. Pumps	(Dibasic, Mono-basic) 65%	66	GRP with FPM "O" Ring		
	(Dibasic) Aqueous Solution		All Iron		
			SS 304		
			SS 316		
			Monel (HIS 1969)		

TABLE 4 COMPATIBILITY WITH MATERIALS OF CONSTRUCTION (cont'd)

Application	Chemical Conc.	Chemical Temp. (°C)	Material of Construction: Recommended	Conditional	Not Recommended
4. Others	5%	20	SS 302 SS 304 SS 316 SS 430 (ASS)	SS 410 (ASS)	
	Saturated	20	SS 302 SS 304 SS 316 SS 430		
	All	60	uPVC PE PP POM NR* NBR IIR EPDM CR FPM CSM (GF)		
		60	PVC (TPS 1978)		
		82	PP (TPS 1978)		
		85	CPVC (TPS 1978)		
			SBR CR NBR IIR CSM EPDM (GPP)	NR (GPP)	
	10% to solid	24 to 100	Glass (CDS 1967)		
	20, 30%	24	Glass (CDS 1967)		
	solid	24	Concrete (CDS 1967)		

*This material has been given a lower rating in a similar application by another reference.

TABLE 5 MATERIALS OF CONSTRUCTION

Abbreviation	Material of Construction
ABS	Acrylonitrile Butadiene Styrene
	Chlorinated Polyether
CPVC	Chlorinated Polyvinyl Chloride
CR	Polychloroprene (Neoprene)
CSM	Chlorosulphonated Polyethylene (Hypalon)
EPDM	Ethylene Propylene Rubber
FPM	Fluorine Rubber (Viton)
GRP	Glass Reinforced Vinyl Ester
	Glass
	Iron
IIR	Isobutylene/Isoprene (Butyl)
NBR	Acrylonitrile/Butadiene Rubber (Nitrile, Buna N)
NR	Natural Rubber
	Nickel-Copper Alloy (Monel)
PE	Polyethylene
POM	Polyoxymethylene
PP	Polypropylene
PVC (Followed by grade if any)	Polyvinyl Chloride
PVDC	Polyvinylidene Chloride
PVDF	Polyvinylidene Fluoride
SBR	Styrene/Butadiene (GR-5, Buna S)
SS (Followed by grade)	Stainless Steel
uPVC	Unplasticized Polyvinyl Chloride

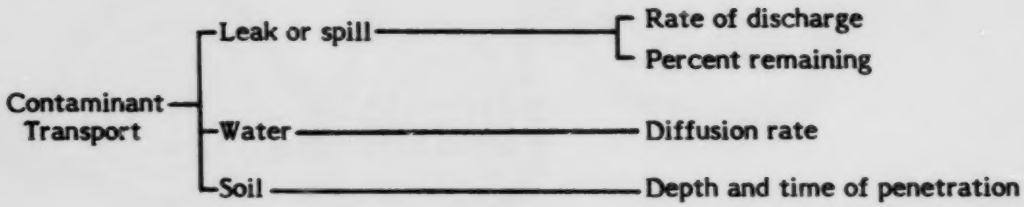
5 CONTAMINANT TRANSPORT

5.1 General Summary

Ammonium phosphates are transported as solids, in granular form, or as aqueous solutions. When spilled in water, all forms will dissolve rapidly. When spilled on soil, the aqueous solutions will spread on the surface and penetrate into the soil at a rate dependent on the soil type and its water content. Movement of ammonium phosphates toward the water table may be an environmental concern.

Because ammonium phosphates are nonvolatile, dispersion in air is not a problem.

Factors considered regarding the movement of ammonium phosphates spills in water and soil are:



It is important to note that, because of the approximate nature of the contaminant transport calculations, the approach adopted throughout has been to use conservative estimates of critical parameters so that predictions are approaching worst case scenarios for each medium. This may require that the assumptions made for each medium be quite different and, to some extent, inconsistent. As well as producing worst case scenarios, this approach allows comparison of the behaviours of different chemicals under consistent assumptions.

5.2 Leak Nomograms

5.2.1 Introduction. Ammonium phosphates are transported as solid granular materials or as aqueous solutions. In aqueous form, ammonium phosphates are commonly transported in cylindrical railway tank cars. While the capacities of the tank cars vary widely, one tank car has been chosen for development of the leak nomograms. It is approximately 2.75 m in diameter and 13.4 m long, with a carrying capacity of about 80,000 L.

If a tank car loaded with aqueous solution is punctured on the bottom, all of the contents will drain out by gravity. The aim of the nomograms is to provide a simple means to obtain the time history of the conditions in the tank car and the discharge rate

of the liquid. Because of the low volatility of ammonium phosphates solutions and the fact that tank cars are not pressurized, no leak nomograms have been prepared for vapour release from a puncture in the top of the tank.

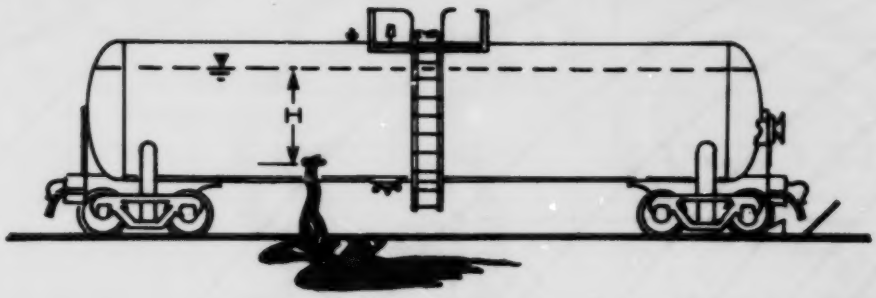


FIGURE 3 TANK CAR WITH PUNCTURE HOLE IN BOTTOM

The rate of outflow (q) from a puncture hole in the bottom of the tank car is defined by the standard orifice equation (Streeter 1971). It is a function of the hole size (A) and shape, the height of the fluid above the puncture hole (H) and a coefficient of discharge (Cd). For the purposes of nomogram preparation, a constant discharge coefficient of 0.8 has been assumed.

5.2.2 Nomograms.

5.2.2.1 Figure 4: Percent remaining versus time. Figure 4 provides a means of estimating the percent of liquid remaining in the standard tank car after the time of puncture, for a number of different hole diameters. The hole diameter is actually an equivalent diameter and can be applied to a noncircular puncture.

The standard tank car (2.75 m Ø x 13.4 m long) is assumed to be initially full (at t=0) with a volume of about 80,000 L of ammonium phosphates solution. The amount remaining at any time (t) is not only a function of the discharge rate over time, but also of the size and shape of the tank car.

5.2.2.2 Figure 5: Discharge rate versus time. Figure 5 provides a means of estimating the instantaneous discharge rate (L/s) at any time (t) after the time of puncture, for a number of equivalent hole diameters. The nomogram is only applicable to the standard tank car size with an initial volume of 80,000 L.

FIGURE 4

PERCENT REMAINING VS TIME

AMMONIUM PHOSPHATES

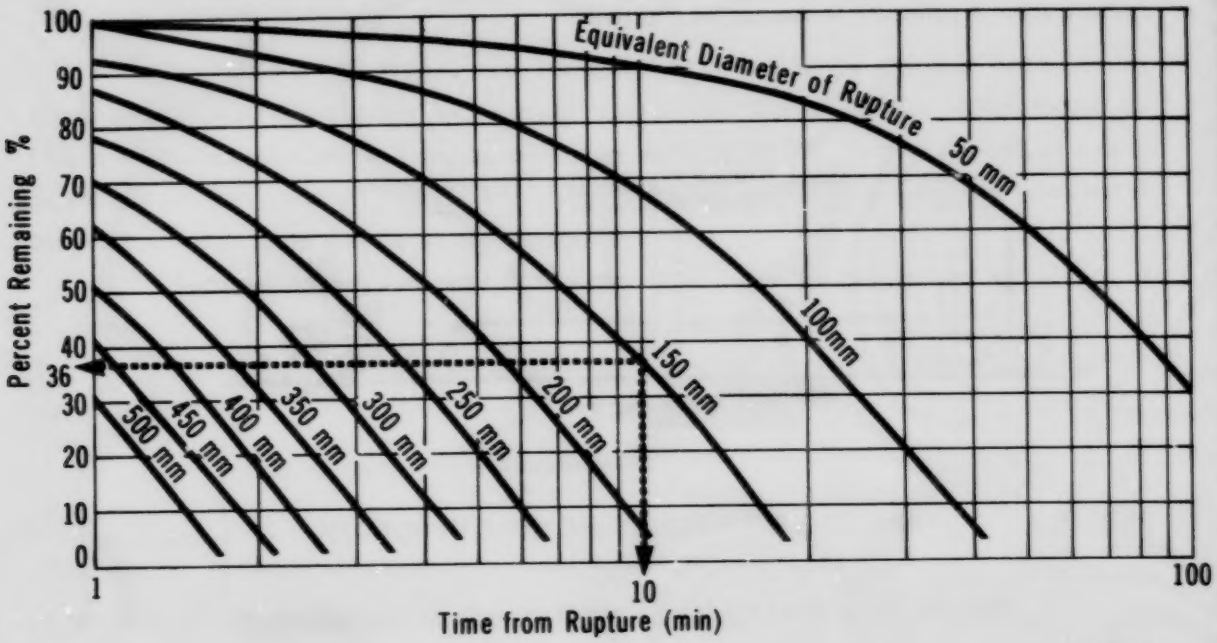
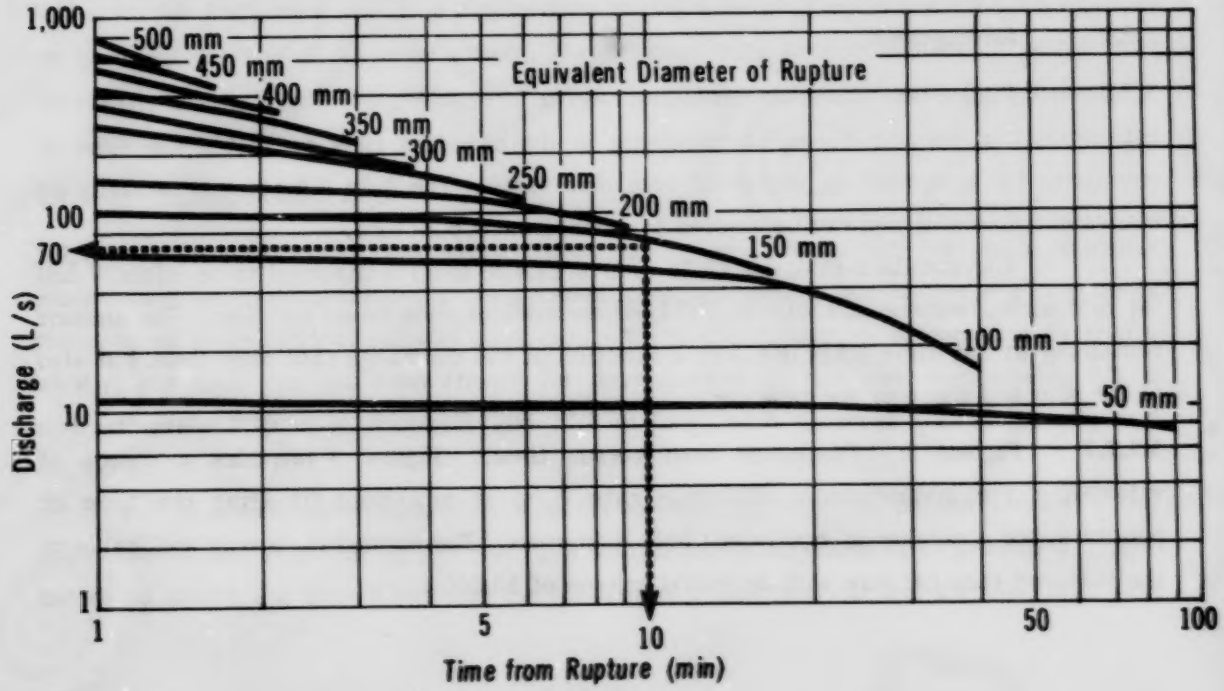


FIGURE 5

DISCHARGE RATE VS TIME

AMMONIUM PHOSPHATES



5.2.3 Sample Calculations.

i) Problem A

The standard tank car (2.75 m Ø x 13.4 m long), filled with an aqueous solution of ammonium phosphates, has been punctured on the bottom. The equivalent diameter of the hole is 150 mm. What percent of the initial 80,000 L remains after 10 minutes?

Solution to Problem A

- Use Figure 4
- With t=10 min and d=150 mm, the amount remaining is about 36 percent or 28,800 L

ii) Problem B

With the same conditions as Problem A, what is the instantaneous discharge rate from the tank 10 minutes after the accident?

Solution to Problem B

- Use Figure 5
- With t=10 min and d=150 mm, the instantaneous discharge rate (q) = 70 L/s

5.3 Dispersion in Air

Because ammonium phosphates are nonvolatile, there is no significant potential for dispersion in air.

5.4 Behaviour in Water

5.4.1 Introduction. When spilled in water, ammonium phosphates dissolve rapidly. Mixing takes place and the spill is diluted. This mixing can generally be described by classical diffusion equations with one or more diffusion coefficients. In rivers, the principal mixing agent is stream turbulence, while in calm water, mixing takes place by molecular diffusion.

To estimate pollutant concentration in a river downstream from a spill, the turbulent diffusion has been modelled. The model employed is strictly applicable to neutrally buoyant liquids and solids that dissolve in water. As ammonium phosphates are denser than water, the maximum concentration would be expected near the bottom.

The one-dimensional model uses an idealized rectangular channel section and assumes a uniform concentration of the pollutant throughout the section. Obviously, this applies only to points sufficiently far downstream of the spill where mixing and dilution have distributed the pollutant across the entire river channel. The model is applicable to

rivers where the ratio of width to depth is less than 100 (W/d <100) and assumes a Manning's roughness coefficient of 0.03. Details of the model are outlined in the Introduction Manual.

No modelling has been carried out for molecular diffusion in still water. Rather, nomograms have been prepared to define the hazard zone and the average concentration within the hazard zone as a function of spill size, but independent of time.

5.4.2 Nomograms. The following nomograms are presented to calculate pollutant concentrations in non-tidal rivers and in lakes (still water).

Non-tidal Rivers

Figure 7: time versus distance for a range of average stream velocities

Figure 8: hydraulic radius versus channel width for a range of stream depths

Figure 9: diffusion coefficient versus hydraulic radius for a range of average stream velocities

Figure 10: alpha* versus diffusion coefficient for various time intervals

Figure 11: alpha versus delta* for a range of spill sizes

Figure 12: maximum concentration versus delta for a range of river cross-sectional areas

Lakes or Still Water Bodies

Figure 13: volume versus radius for the hazard zone for a range of lake depths

Figure 14: average concentration versus volume for the hazard zone for a range of spill sizes

The flow chart in Figure 6 outlines the steps required to estimate downstream concentration after a spill and identifies the nomograms to be used. These nomograms (Figures 7 through 12) are described in the following subsections.

5.4.2.1 Nomograms for non-tidal rivers.

Figure 7: Time versus distance. Figure 7 presents a simple relationship between average stream velocity, time, and distance. Using an estimate of average stream velocity (U), the time (t) to reach any point of interest at some distance (X) downstream of the spill can be readily obtained from Figure 7.

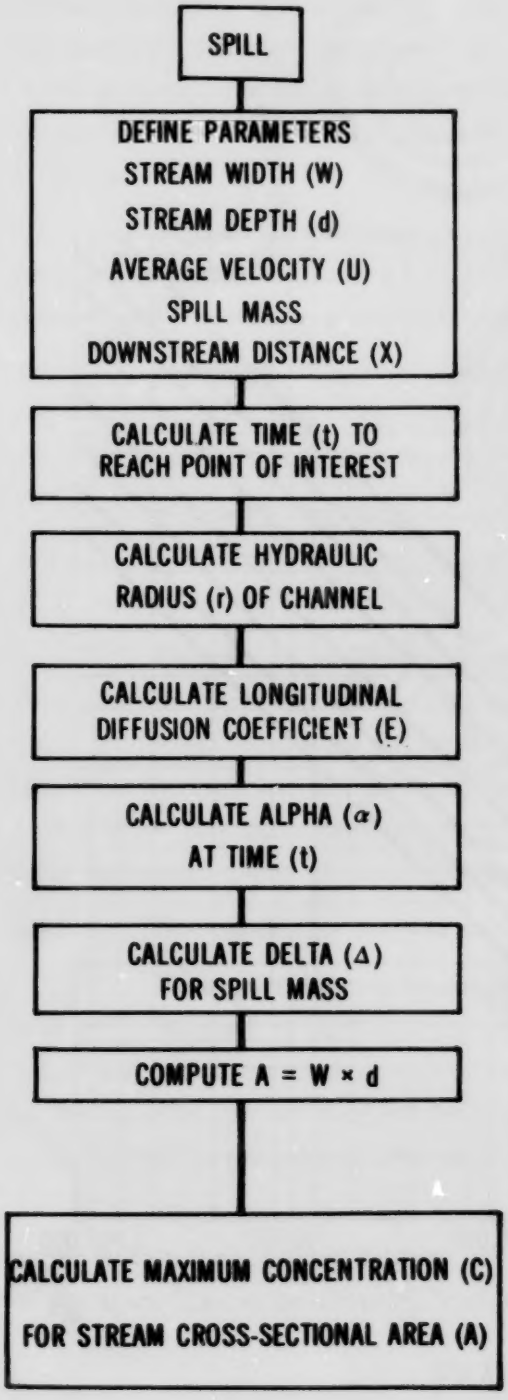
---

* Alpha and delta are conversion factors only and are of no significance other than to facilitate calculation of downstream concentrations.

FIGURE 6

AMMONIUM PHOSPHATES

FLOW CHART TO DETERMINE POLLUTANT CONCENTRATION IN NON-TIDAL RIVERS



Step 1: Observed or Estimated

W = _____ m

d = _____ m

U = _____ m/s

MASS = _____ tonnes

X = _____ m

Step 2: Use Figure 7

t = _____ minutes

Step 3: Use Figure 8

r = _____ m

Step 4: Use Figure 9

E = _____ m^2/s

Step 5: Use Figure 10

α = _____

Step 6: Use Figure 11

Δ = _____

Step 7: Compute stream cross-sectional Area (A)

A = W × d _____ m^2

Step 8: Use Figure 12

C = _____ ppm

FIGURE 7

AMMONIUM PHOSPHATES

TIME vs DISTANCE

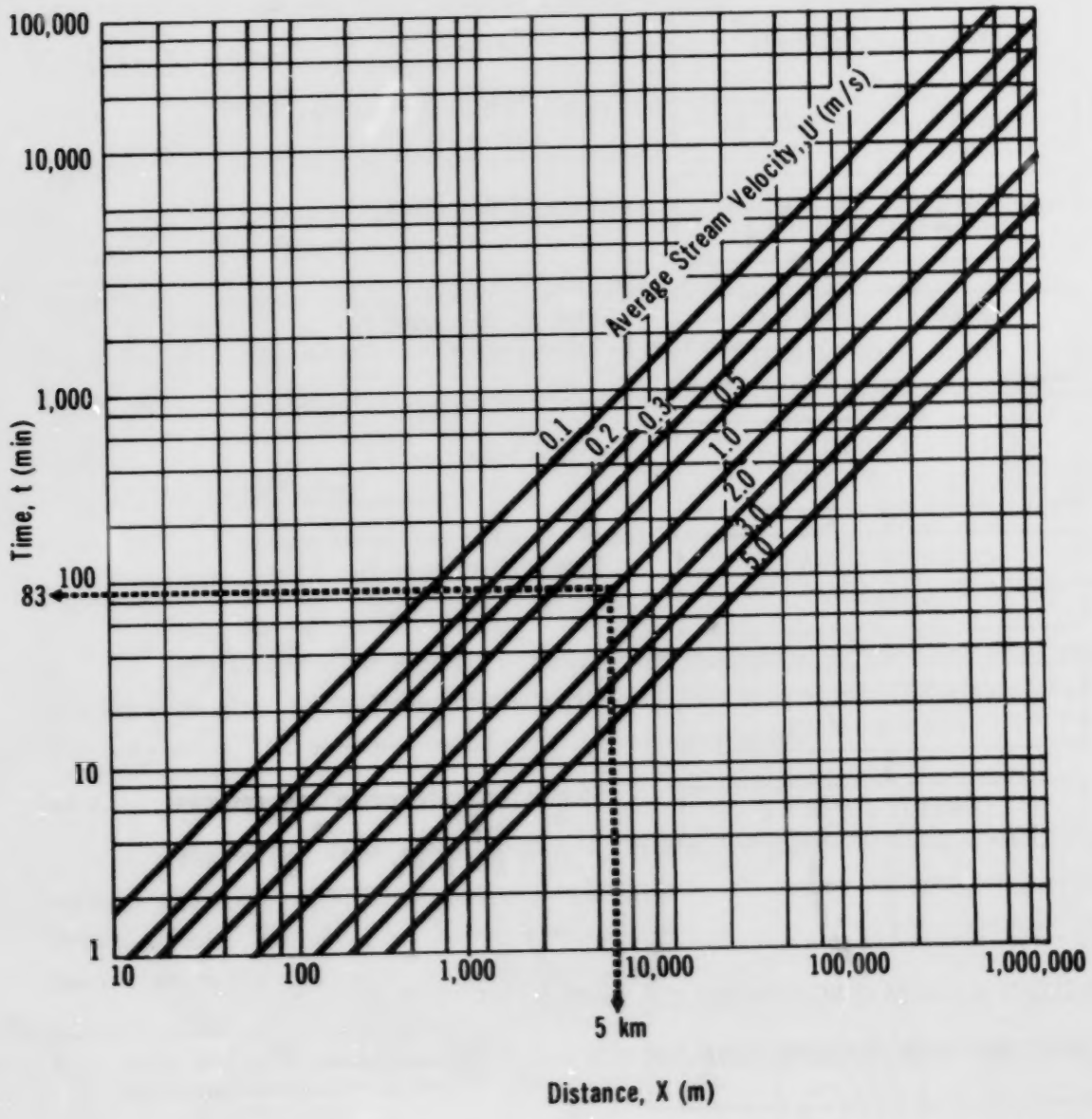


Figure 8: Hydraulic radius versus channel width. The model used to estimate downstream pollutant concentrations is based on an idealized rectangular channel of width (W) and depth (d). The hydraulic radius (r) for the channel is required in order to estimate the turbulent diffusion coefficient (E). The hydraulic radius (r) is defined as the stream cross-sectional area (A) divided by the wetted perimeter (P). Figure 8 is a nomogram for computation of the hydraulic radius (r) using the width and depth of the idealized river cross-section.

Figure 9: Diffusion coefficient versus hydraulic radius. Figure 9 permits calculation of the longitudinal diffusion coefficient (E), knowing the hydraulic radius (r) from Figure 8 and the average stream velocity (U).

Figure 10: Alpha versus diffusion coefficient. Figure 10 is used to estimate a conversion factor alpha (α), which is a function of the diffusion coefficient (E) and the time (t) to reach the point of interest downstream of the spill.

Figure 11: Alpha versus delta. A second conversion factor, delta (Δ), must be estimated from Figure 11 to allow determination of pollutant concentration at the point of interest. Delta (Δ) is a function of alpha (α) and the spill size.

Figure 12: Maximum concentration versus delta. Figure 12 represents the final step for calculation of the maximum downstream pollutant concentration (C) at the point of interest. Using the factor delta (Δ) and knowing the stream cross-sectional area (A), the concentration (C) is readily obtained from the nomogram. The value obtained from Figure 12 applies to neutrally buoyant liquids or solids and will vary somewhat for other pollutants which are heavier or lighter than water.

5.4.2.2 Nomograms for lakes or still water bodies.

Figure 13: Volume versus radius. The spill of a neutrally buoyant liquid in a lake in the absence of wind and current has been idealized as a cylinder of radius (r) and length (d), equivalent to the depth of the lake at the point of spill. The volume of water in the cylinder can be obtained from Figure 13. The radius (r) represents the distance from the spill to the point of interest.

Figure 14: Average concentration versus volume. For a known volume of water (within the idealized cylinder of radius (r) and length (d)), the average concentration of pollutant (C) can be obtained from Figure 14 for a known mass of spill. This assumes

FIGURE 8

AMMONIUM PHOSPHATES

HYDRAULIC RADIUS VS CHANNEL WIDTH

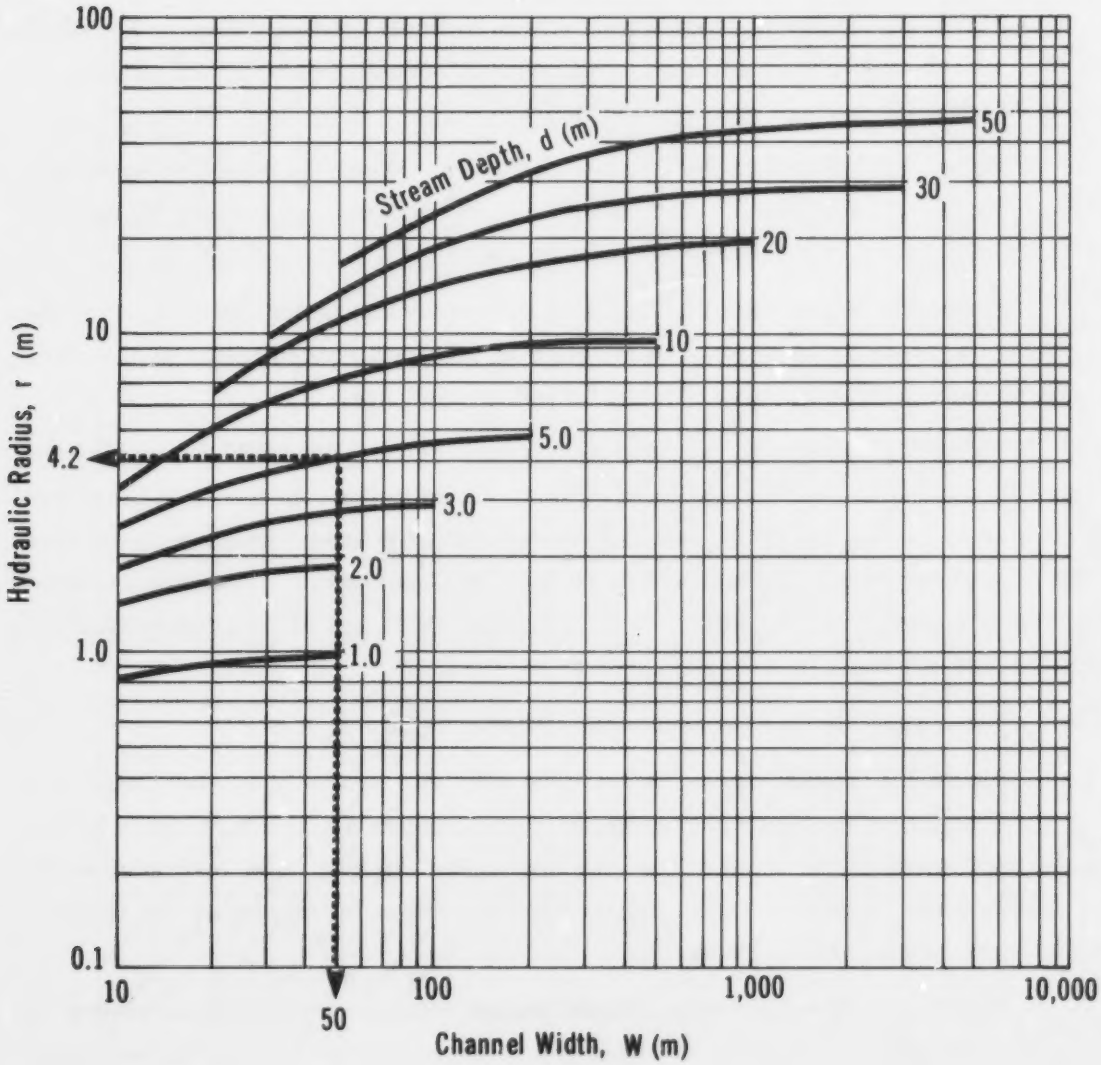


FIGURE 9

AMMONIUM PHOSPHATES

DIFFUSION COEFFICIENT VS HYDRAULIC RADIUS

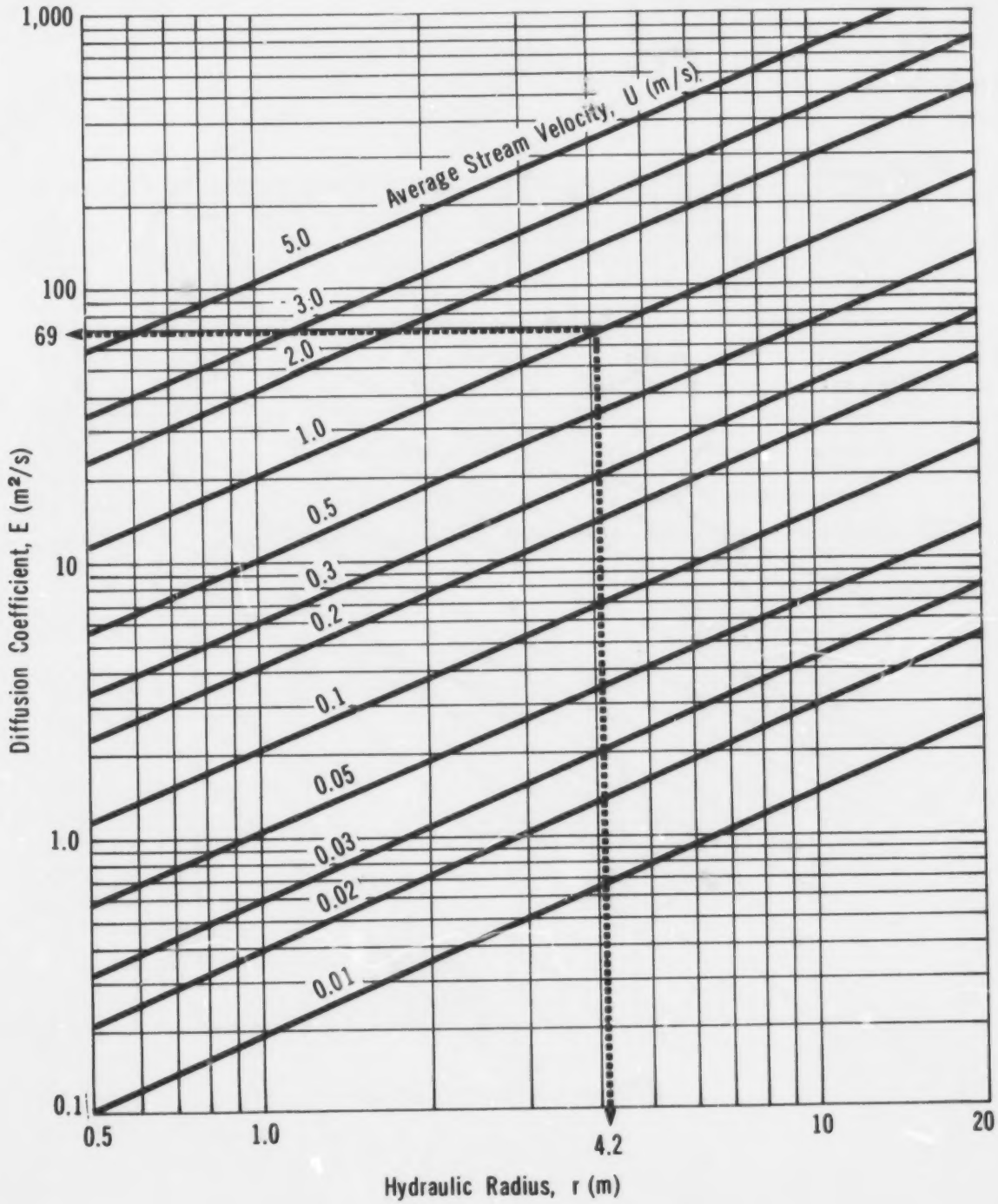


FIGURE 10

AMMONIUM PHOSPHATES

ALPHA vs DIFFUSION COEFFICIENT

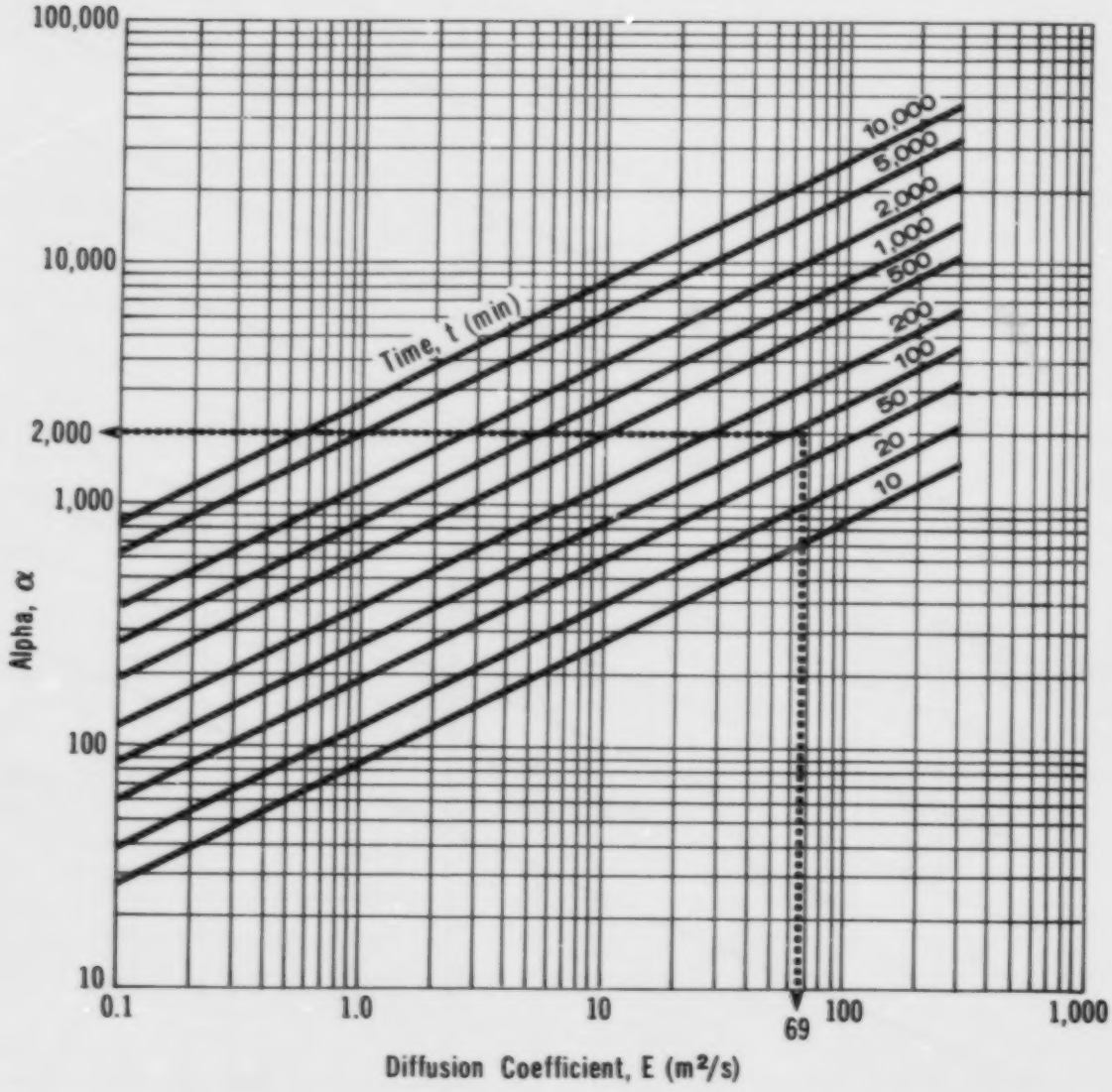


FIGURE 11

AMMONIUM PHOSPHATES

ALPHA vs DELTA

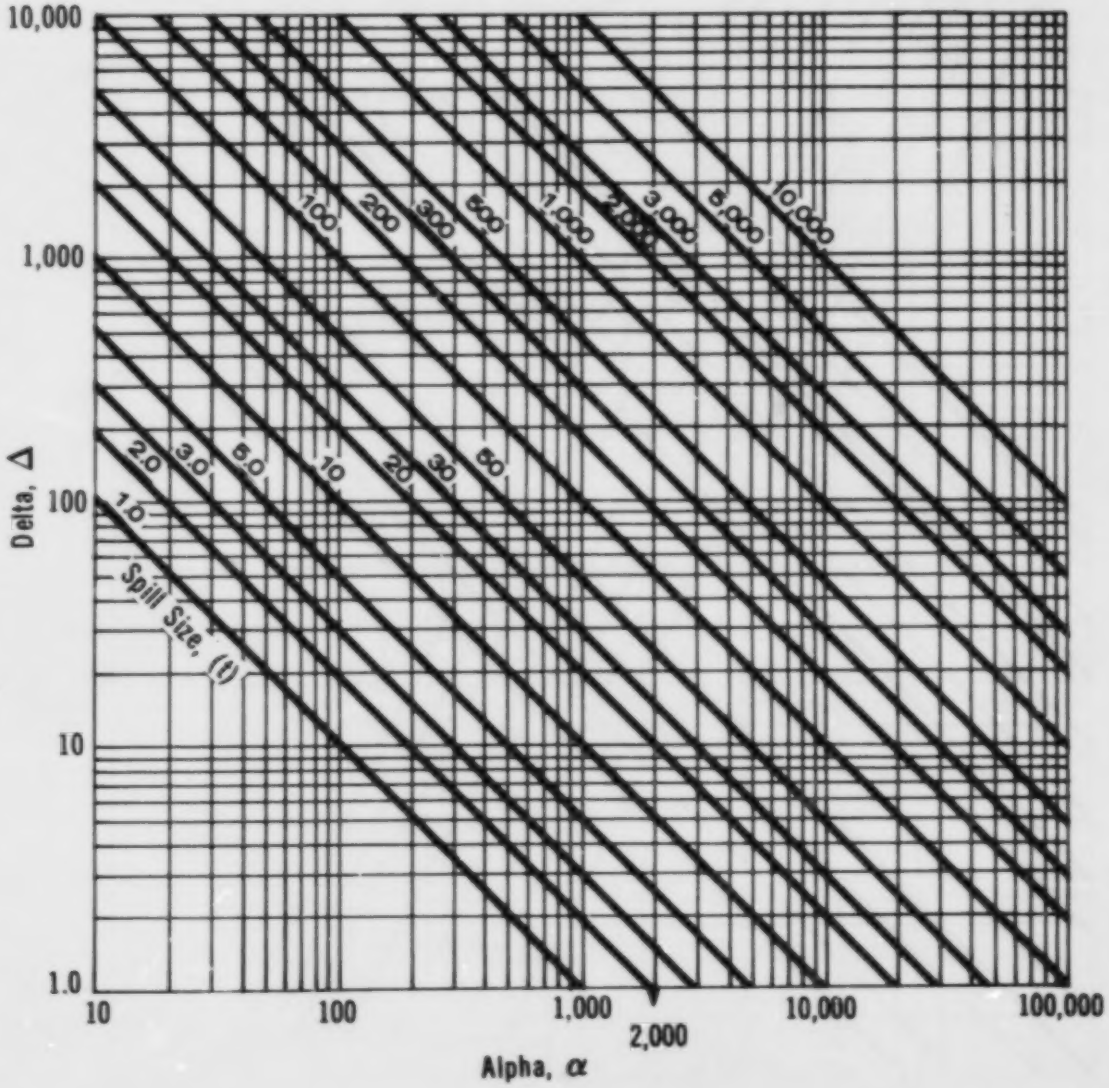


FIGURE 12

AMMONIUM PHOSPHATES

MAXIMUM CONCENTRATION vs DELTA

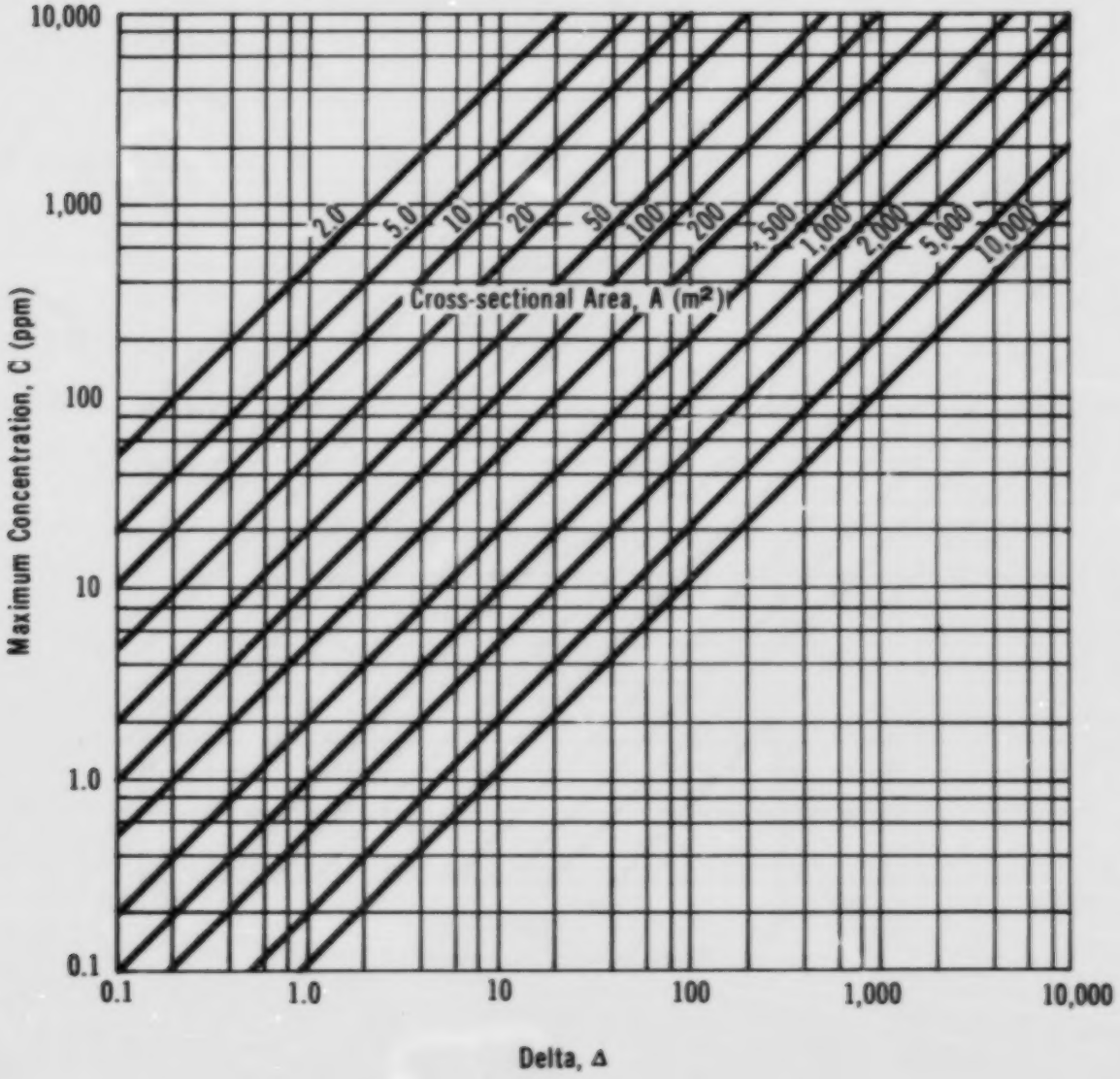


FIGURE 13

AMMONIUM PHOSPHATES

VOLUME vs RADIUS

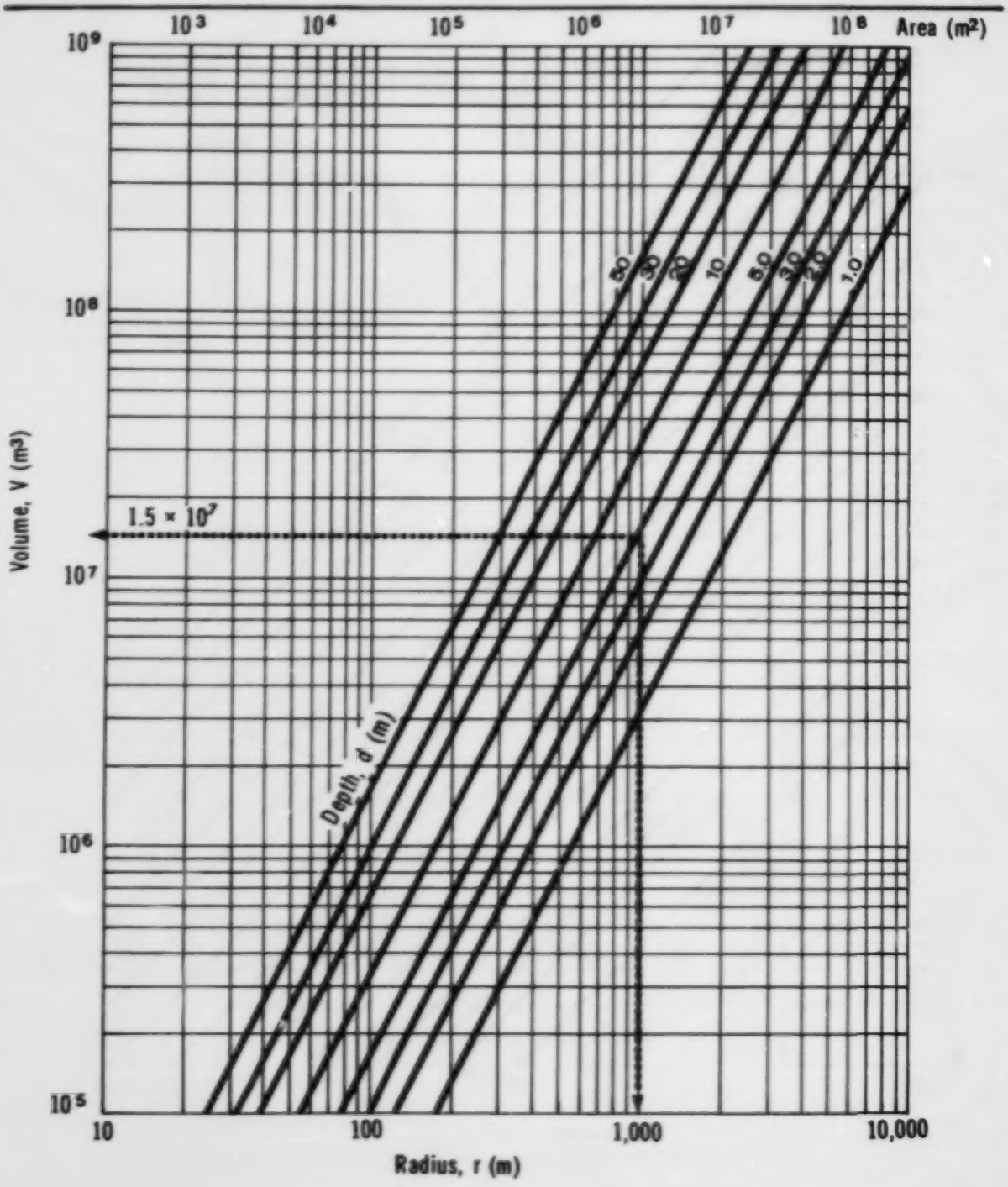
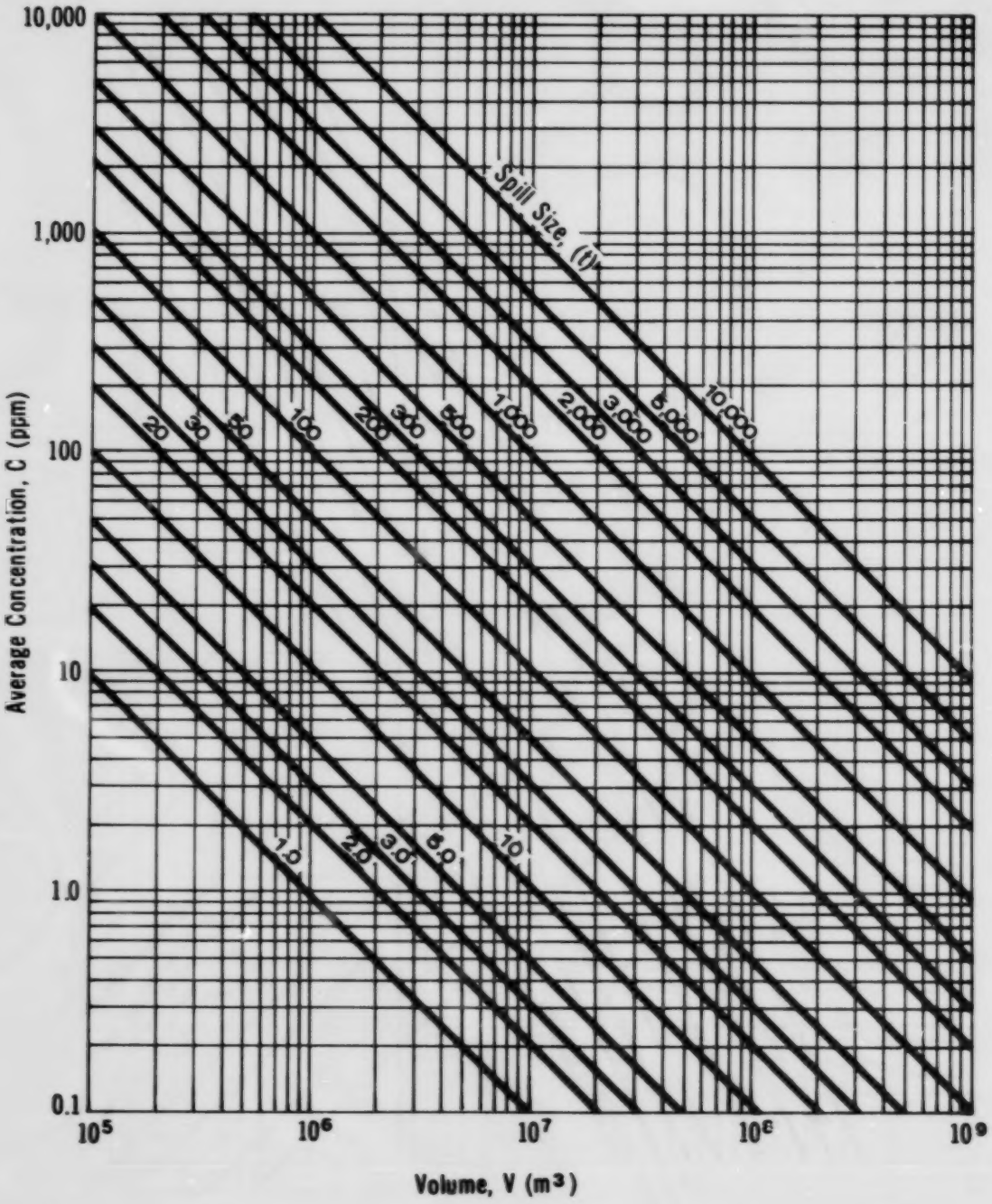


FIGURE 14

AMMONIUM PHOSPHATES

AVERAGE CONCENTRATION vs VOLUME



the pollutant is spread evenly throughout the cylinder. For pollutants that are more or less dense than water, the actual concentration at the bottom would be higher or lower, respectively.

5.4.3 Sample Calculations.

5.4.3.1 Pollutant concentration in non-tidal rivers. A 20 tonne spill of 30 percent ammonium phosphates solution has occurred in a river. The stream width is 50 m and the stream depth is 5 m. The average stream velocity is estimated at 1 m/s. What is the maximum concentration expected at a water intake located 5 km downstream?

Solution

Step 1: Define parameters

- W = 50 m
- d = 5 m
- U = 1 m/s
- mass = 20 tonnes of 30 percent solution, equivalent to 6 tonnes of 100 percent ammonium phosphates
- X = 5,000 m

Step 2: Calculate time to reach point of interest

- Use Figure 7
- With X = 5,000 m and U = 1 m/s, t = 83 min

Step 3: Calculate hydraulic radius (r)

- Use Figure 8
- With W = 50 m and d = 5 m, r = 4.2 m

Step 4: Calculate longitudinal diffusion coefficient (E)

- Use Figure 9
- With r = 4.2 m and U = 1 m/s, E = 69 m^2/s

Step 5: Calculate alpha (α)

- Use Figure 10
- With E = 69 m^2/s and t = 83 min, α = 2,000

Step 6: Calculate delta (Δ)

- Use Figure 11
- With alpha (α) = 2,000 and mass = 6 tonnes, delta (Δ) = 3

Step 7: Compute stream cross-sectional area (A)

- $A = W \times d = 50 \times 5 = 250\ m^2$

Step 8: Calculate maximum concentration (C) at point of interest

- Use Figure 12
- With $\Delta = 3$ and $A = 250\ m^2$, C = 12 ppm

5.4.3.2 Average pollutant concentration in lakes or still water bodies. A 20 tonne spill of 30 percent ammonium phosphates solution has occurred in a lake. The point of interest is located on the shore approximately 1000 m from the spill. The average depth between the spill site and the point of interest is 5 m. What is the average concentration which could be expected?

Solution

Step 1: Define parameters

- d = 5 m
- r = 1,000 m
- mass = 6 tonnes (equivalent)

Step 2: Determine the volume of water available for dilution or

- Use Figure 13
- With r = 1,000 m, d = 5 m, the volume is approximately $1.6 \times 10^7\ m^3$

Step 3: Determine the average concentration

- Use Figure 14
- With $V = 1.6 \times 10^7\ m^3$ and mass = 6 tonnes, the average concentration is 0.38 ppm

5.5 Subsurface Behaviour: Penetration into Soil

5.5.1 Mechanisms. The principles of contaminant transport in soil and their application to this work are presented in the Introduction Manual. Special considerations related to the spill of ammonium phosphates onto soil and their transport downward through the soil are presented here.

Ammonium phosphates are generally shipped and stored in solid form as monoammonium ($(NH_4)H_2PO_4$) and/or diammonium ($(NH_4)_2HPO_4$) phosphate. Only the diammonium salt will be considered here; however, similar characteristics for the monoammonium salt can be anticipated.

When the solid is spilled, only a limited groundwater pollution hazard exists if the soil is dry and cleanup occurs prior to precipitation. The solubility of $(NH_4)_2HPO_4$ at 20°C is approximately 69 g/100 mL. Thus, precipitation or water used to flush the site will create a solution of the contaminant which can infiltrate the soil.

Both ammonium and phosphate ions can interact with the soil extensively, primarily through ion exchange. However, this has not been accounted for here since the exchanged ions can also represent a contamination problem.

Runoff will occur under conditions of excess moisture. However, the soils have been assumed to be at field capacity. This situation provides very little interstitial water to dilute the chemical during transport or to impede its downward movement and thus represents "worst case" analysis.

Upon reaching the groundwater table, the contaminant will move in the direction of groundwater flow. A contaminated plume will be produced, with diffusion and dispersion serving to reduce the concentration somewhat. This is shown schematically in Figure 15.

5.5.2 Equations Describing Diammonium Phosphate Movement into Soil. The equations and assumptions used to describe contaminant movement in solution downward through the unsaturated soil zone toward the groundwater table have been described in the Introduction Manual. Transport velocities have been based on Darcy's Law assuming saturated piston flow.

5.5.3 Saturated Hydraulic Conductivity of Diammonium Phosphate in Soil. The saturated hydraulic conductivity (K_o) in m/s is given by:

$$K_o = \frac{(\rho g)k}{\mu}$$

where: k = intrinsic permeability of the soil (m^2)

ρ = mass density of the fluid (kg/m^3)

μ = absolute viscosity of the fluid (Pa•s)

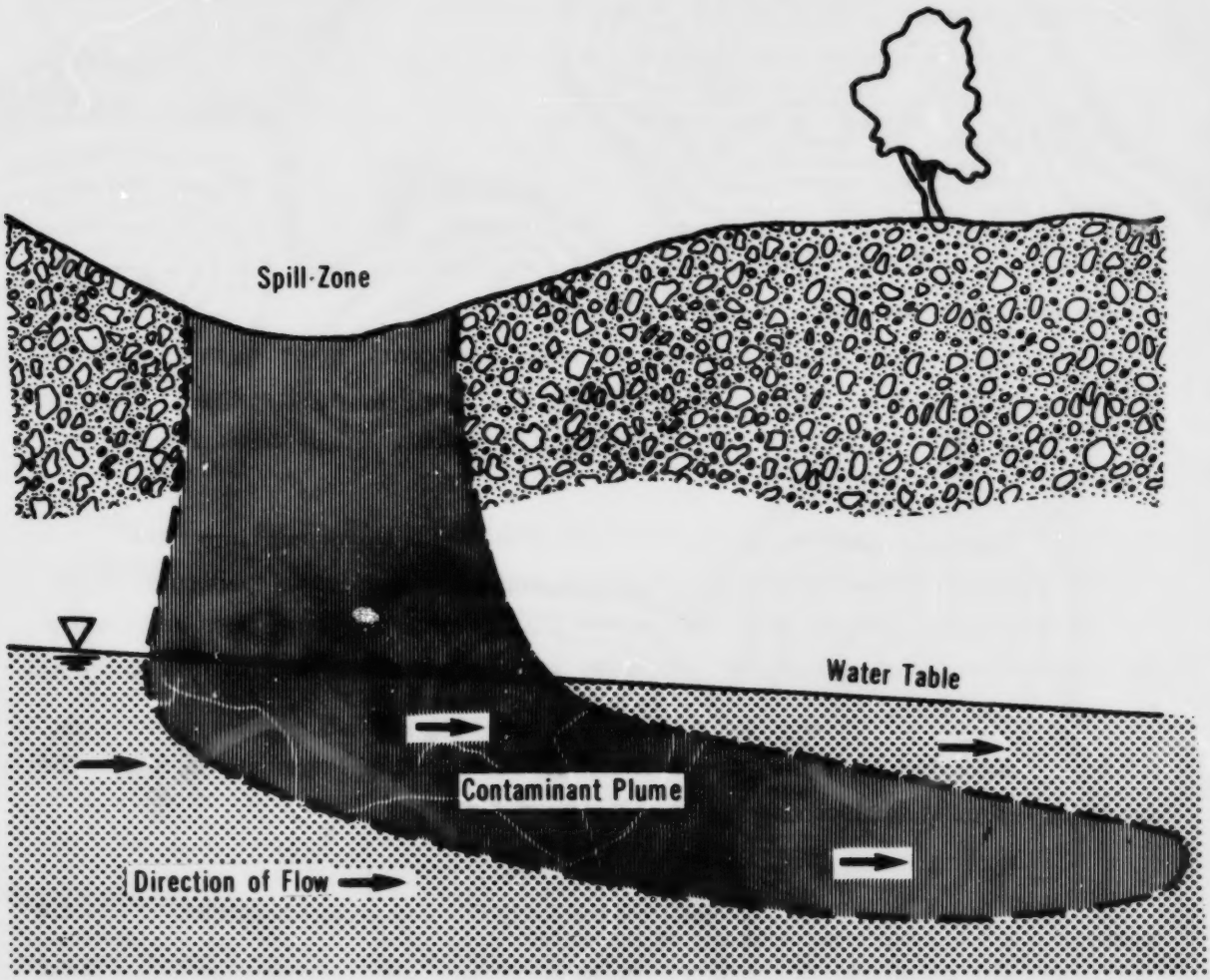
g = acceleration due to gravity = 9.81 m/s^2

The fluids involved are $(NH_4)_2HPO_4$, 30 percent by weight, representing a strong solution, and water. The water calculations represent the extreme as the solution is diluted.

FIGURE 15

AMMONIUM PHOSPHATES

SCHEMATIC SOIL TRANSPORT



Soil: Coarse Sand

–Porosity (n) = 0.35

–Intrinsic Permeability (k) = 10^{-9} m^2

–Field Capacity (θ_{fc}) = 0.075

Property	$(NH_4)_2HPO_4$, 30% 20°C	$(NH_4)_2HPO_4$, 30% 4°C	Water 20°C
Mass density (ρ), kg/m^3	1,151	1,154	998
Absolute viscosity (μ), Pa•s	2.6×10^{-3}	4.0×10^{-3}	1.0×10^{-3}
Saturated hydraulic conductivity (K_o), m/s	$(0.44 \times 10^7)k$	$(0.28 \times 10^7)k$	$(0.98 \times 10^7)k$

5.5.4 Soils. The Introduction Manual describes the three soils selected for this work. Their relevant properties are:

Property	Soil Type: Coarse Sand	Silty Sand	Clay Till
Porosity (n), m^3/m^3	0.35	0.45	0.55
Intrinsic permeability (k), m^2	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}
Field capacity (θfc), m^3/m^3	0.075	0.3	0.45

5.5.5 Penetration Nomograms. Nomograms for the penetration of ammonium phosphates into the unsaturated zone above the groundwater table were prepared for each soil. They present penetration time (t_p) plotted against depth of penetration (B). Because of the methods and assumptions used, the penetration depth should be considered as a maximum depth, in time t_p. A flowchart for the use of the nomograms is presented in Figure 16. The nomograms are presented as Figures 17, 18 and 19. The water line on the nomograms represents the maximum penetration of water at 20°C, in time t_p. It is a limiting condition as the solution becomes diluted with water.

5.5.6 Sample Calculation. A 20 tonne spill of $(NH_4)_2HPO_4$ as a solid has occurred on silty sand. The temperature is 20°C; the spill radius is 8.6 m. During cleanup, a rainfall occurs. Calculate the depth of penetration 10 days after the rainfall.

FIGURE 16

AMMONIUM PHOSPHATES

FLOWCHART FOR NOMOGRAM USE

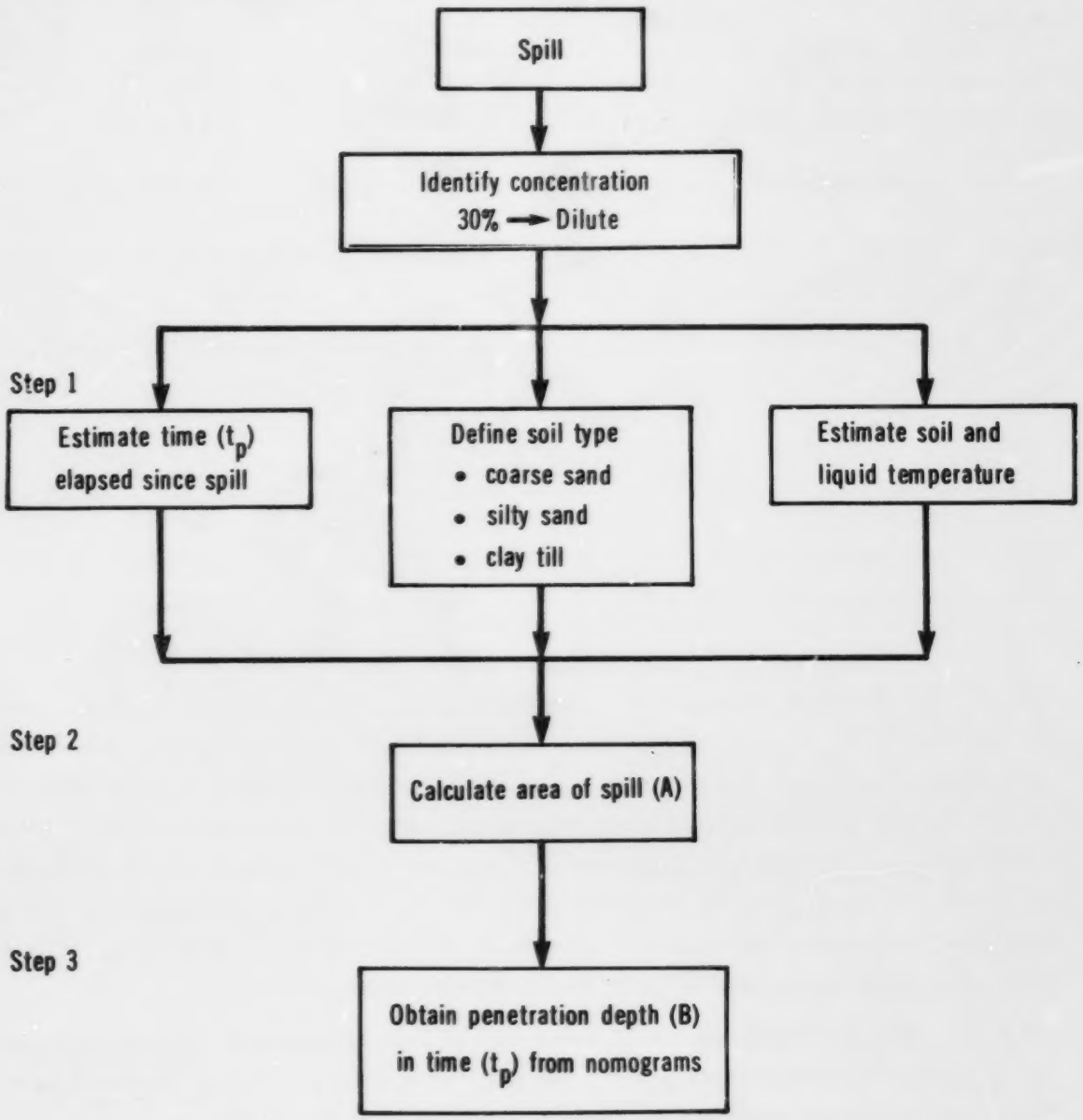


FIGURE 17

AMMONIUM PHOSPHATES

PENETRATION IN COARSE SAND

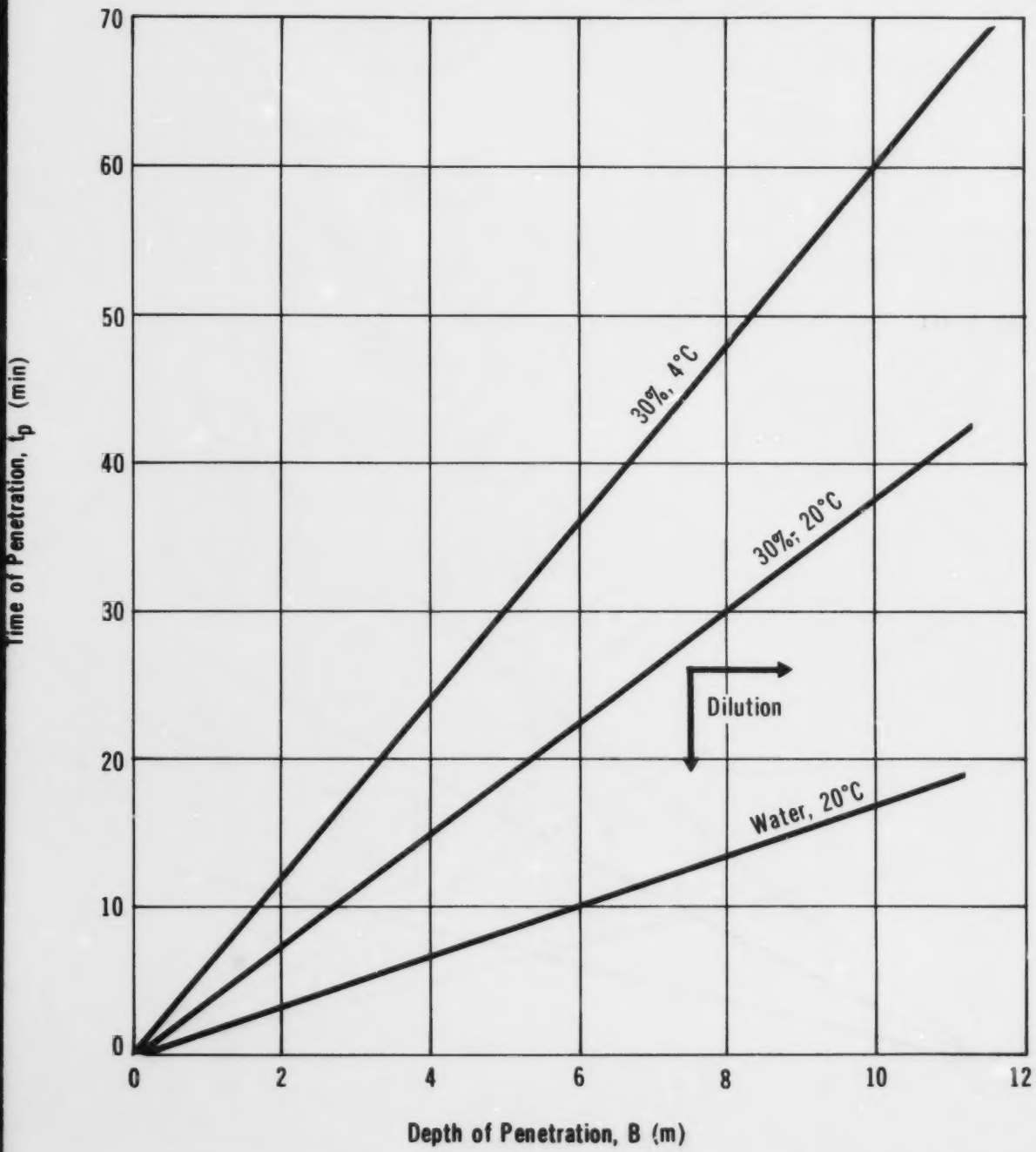


FIGURE 18

AMMONIUM PHOSPHATES

PENETRATION IN SILTY SAND

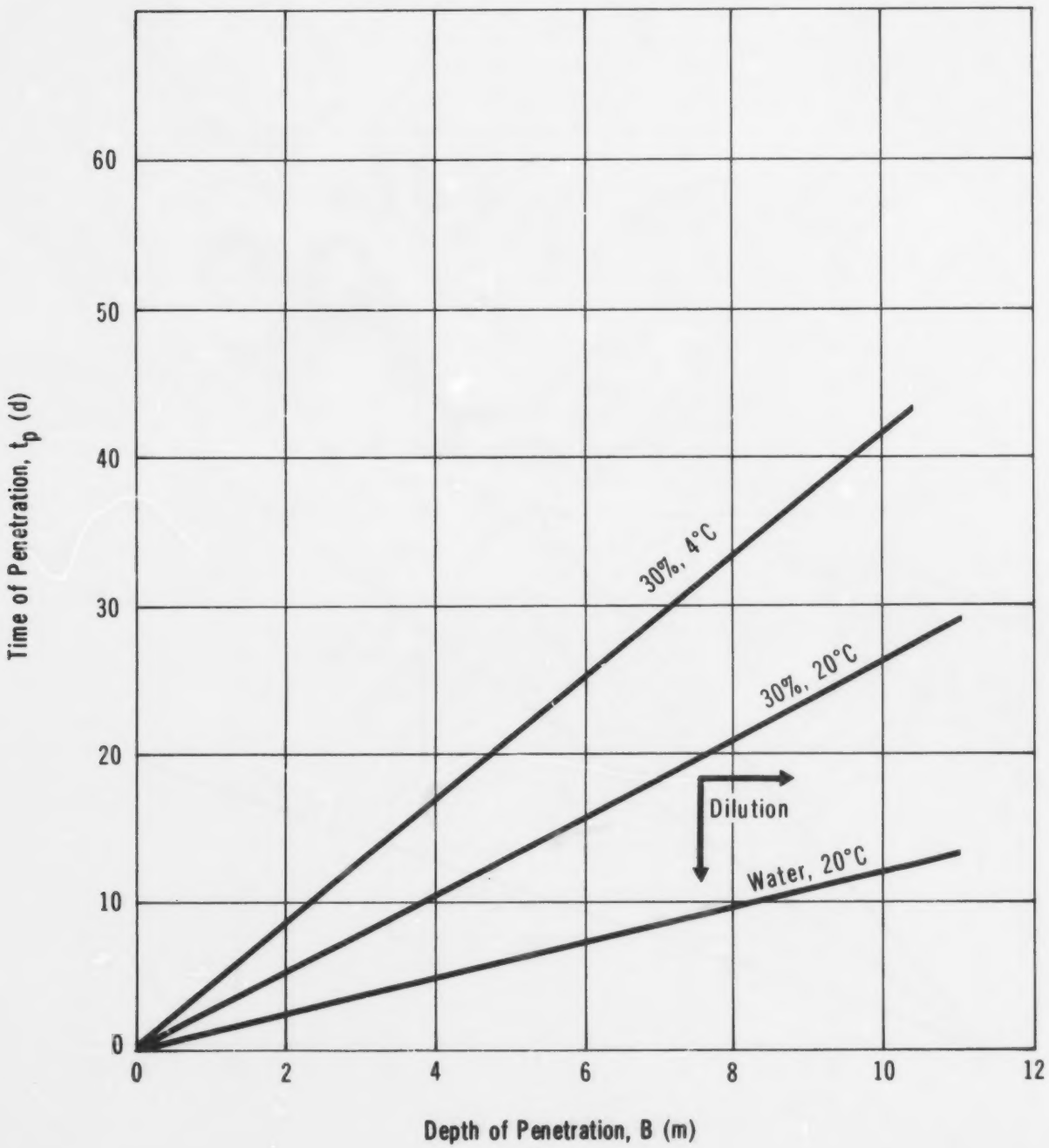
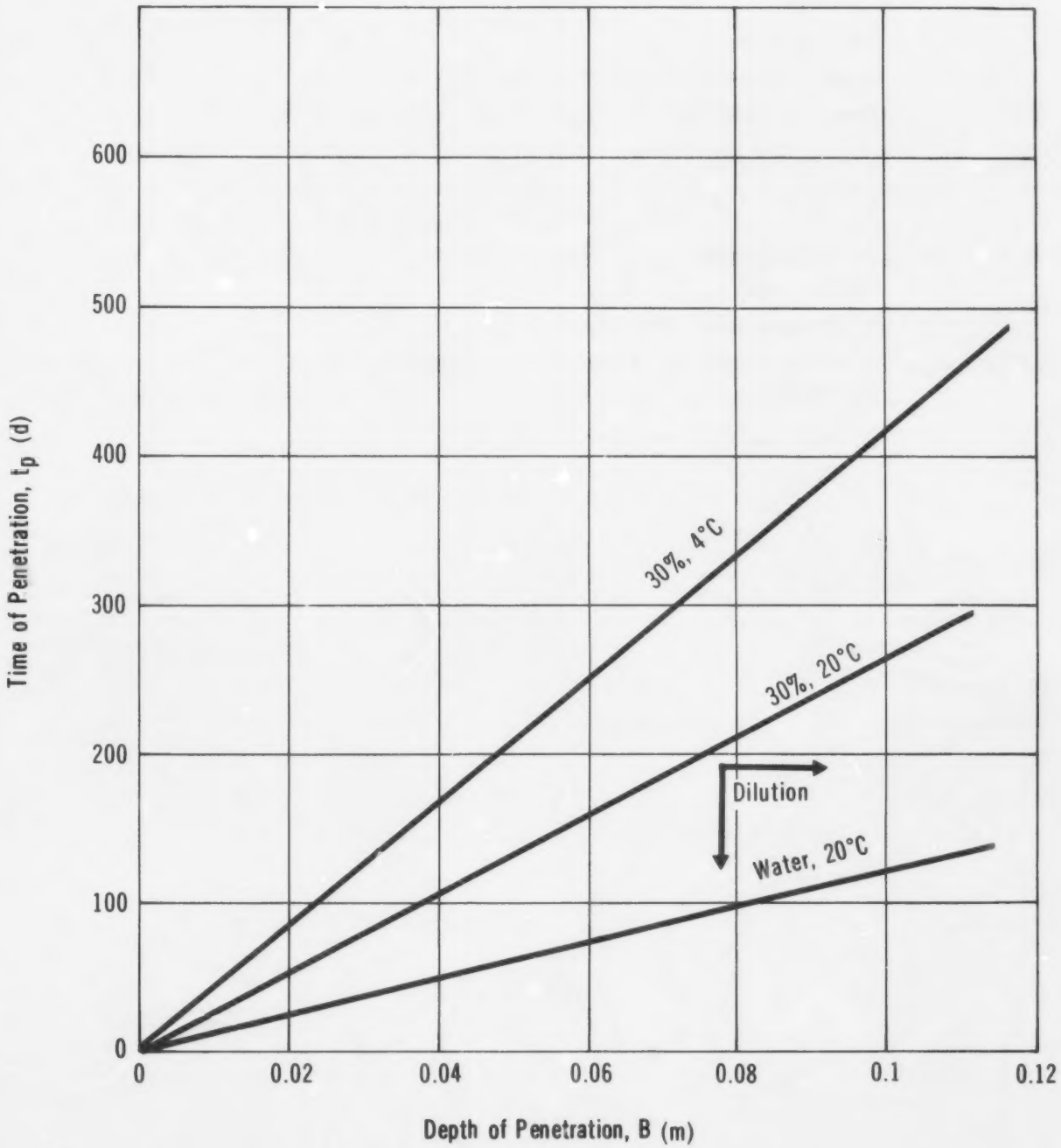


FIGURE 19

AMMONIUM PHOSPHATES

PENETRATION IN CLAY TILL



Solution

Step 1: Define parameters

- Mass spilled = 20,000 kg (20 tonnes)
- T = 20°C
- r = 8.6 m
- Soil = silty sand
- Groundwater table depth (d) = 13 m
- Time since spill (t_p) = 10 days

Step 2: Calculate area of spill

- $A = \pi r^2 = 232\ m^2$

Step 3: Estimate depth of penetration (B) at time (t_p)

- For silty sand, t_p = 10 days
- Penetration depth from Figure 18 is:

30%	Dilute (water, worst condition)
B = 3.9 m	B = 8.3 m

- Groundwater table has not been reached.

6 ENVIRONMENTAL DATA

6.1 Suggested or Regulated Limits

6.1.1 Water. Ontario recommends a limit of 0.02 mg/L of unionized ammonia (Water Management Goals 1978); 0.05 mg/L has been recommended in the United States (OHM-TADS 1981; O.I. 1970).

6.1.2 Air. Although both ammonia and phosphoric acid exposures or concentrations are regulated in various jurisdictions, ammonium phosphates levels are not. Hazards from ammonium phosphates are largely related to their decomposition or dissociation products, ammonia and phosphoric acids. These may be present if ammonium phosphates and bases come into contact with each other. Ontario's environmental ammonia concentration limit is 3.6 mg/m^3; the limit for phosphoric acids is 100 $\mu g/m^3$ (Ontario E.P. Act 1971).

6.2 Aquatic Toxicity

6.2.1 U.S. Toxicity Rating. Ammonium phosphates have been assigned a TL_m96 (4-day median lethal toxicity rating) of 1,000 to 100 mg/L (RTECS 1979).

6.2.2 Measured Toxicities.

6.2.2.1 Freshwater toxicity.

Conc. (mg/L)	Time (hours)	Species	Result	Water Conditions	Reference
Fish Toxicity Tests					
145	96	Salmon fry	LC_{50}		Johnson 1977
94	96	Trout fry	LC_{50}		Johnson 1977
350	96	Bluegill	LC_{50}		Johnson 1977
450	96	Largemouth bass	LC_{50}		Johnson 1977
225	24	Fathead minnow	LC_{50}	pH 7.8; static & dynamic bio-assays	Inman 1974
155	96	Fathead minnow	LC_{50}	pH 7.8; static & dynamic bio-assays	Inman 1974
Invertebrates					
40	96	Scud	LC_{50}		Johnson 1977

6.2.3 Aquatic Studies. The threshold concentration for fish is 0.5 mg/L free ammonia. Toxicity is related directly to the level of unionized ammonia (OHM-TADS 1981).

6.3 Effect Studies (OHM-TADS 1981)

Ammonium phosphates are nutrients and can stimulate algal blooms.

6.4 Degradation

Ammonium phosphates are nutrients; both the nitrogen and phosphorus are readily assimilated by microorganisms. Chlorination of water containing ammonium salts, however, causes the formation of odorous chloramines (OHM-TADS 1981).

6.5 Long-term Fate and Effects

As nutrients, ammonium phosphates spills may alter species population balances. There is no potential for bioaccumulation or food chain contamination (OHM-TADS 1981).

7 HUMAN HEALTH

There is a very limited amount of information in the literature concerning the toxicological effects of test animal and human exposures to ammonium phosphates. Much of the published information pertaining to the health effects of these chemicals deals with their irritant effects on the eyes and skin.

There was no information in the literature on the effects of ammonium phosphates on reproduction, nor on their mutagenicity or carcinogenicity. No information was encountered on the effects of chronic exposures to these chemicals.

Dibasic ammonium phosphate and monobasic ammonium phosphate have been reported in the EPA TSCA inventory. The data summarized here are representative of information in the literature.

7.1 Recommended Exposure Limits

Established exposure standards for ammonium phosphates were not encountered in the published literature or in Canadian provincial legislation.

Guideline (Time)	Origin	Recommended Level	Reference
Time-weighted Averages (TWA)			
No data			
Short-term Exposure Limits (STEL)			
No data			
Provisional Limit			
(Time not specified)		0.5 mg/m^3 (in air)	GE 1980
Other Human Toxicities			
No data			

7.2 Irritation Data

7.2.1 Skin Contact. No data

7.2.2 Eye Contact. No data

7.3 Threshold Perception Properties

7.3.1 Odour. No data

Dibasic ammonium phosphate	-	Odour Characteristics:	Faint ammonia odour (CHRIS 1978) Odourless (ERCO PDS 1981b)
Monobasic ammonium phosphate	-	Odour Characteristics:	Faint acid odour (CHRIS 1978) Odourless (ERCO PDS 1981a)

7.3.2 Taste. No data

7.4 Long-term Studies

7.4.1 Inhalation. No data

7.4.2 Ingestion. No data

7.5 Symptoms of Exposure

General symptoms of exposure found in most information sources have not been specifically referenced. Only those of a more specific or unusual nature have their sources indicated.

7.5.1 Inhalation.

1. Dust may cause coughing or difficult breathing.
2. Monoammonium form causes irritation of mucous membranes (CHRIS 1978).
3. Chest pains (TDB (on-line) 1981).
4. Dyspnea (TDB (on-line) 1981).
5. Severe irritation results in hypoxemia (TDB (on-line) 1981).
6. Diammonium form can cause pulmonary edema and asphyxia (CHRIS 1978).

7.5.2 Ingestion.

1. Corrosion of mucous membranes of mouth, throat, and esophagus, with immediate pain (TDB (on-line) 1981).
2. Dysphagia (TDB (on-line) 1981).
3. Epigastric pain, which may be associated with nausea and vomiting of mucoid and "coffee ground" material (TDB (on-line) 1981).
4. Gastric pain (TDB (on-line) 1981).
5. Circulatory collapse which may lead to renal failure (TDB (on-line) 1981).

6. Clammy skin (TDB (on-line) 1981).
7. Weak and rapid pulse (TDB (on-line) 1981).
8. Shallow respiration (TDB (on-line) 1981).
9. Scanty urine (TDB (on-line) 1981).
10. Circulatory shock (TDB (on-line) 1981).
11. Tachycardia (TDB (on-line) 1981).
12. Glottic edema (TDB (on-line) 1981).
13. Late esophageal, gastric and pyloric strictures and stenoses which may require major surgical repair (TDB (on-line) 1981).
14. Death (TDB (on-line) 1981).

7.5.3 Skin Contact.

1. Mild skin irritation (GE 1980).
2. Dermatitis (TDB (on-line) 1981).
3. Roughened skin (TDB (on-line) 1981).
4. Severe burns (TDB (on-line) 1981).

7.5.4 Eye Contact.

1. Irritation (CHRIS 1978).
2. Severe pain (TDB (on-line) 1981).
3. Swelling (TDB (on-line) 1981).
4. Corneal erosion (TDB (on-line) 1981).
5. Blindness (TDB (on-line) 1981).

7.6 Human Toxicity to Decay or Combustion Products

Irritating fumes of ammonia, phosphorus oxides and oxides of nitrogen may form in fires (CHRIS 1978). Upon heating, ammonium phosphates give off toxic gases of nitrogen oxides (GE 1980). The fumes of ammonia and phosphorus oxides would be of primary concern.

7.6.1 Nitric Oxide, Nitrogen Dioxide, Nitrogen Tetroxide and Ammonia. Nitric oxide is a colourless gas with a sharp, sweet odour. It combines with hemoglobin which is oxidized in the blood to methemoglobin, with resulting anoxia. Nitric oxide is only slightly irritating to the upper respiratory tract and eyes; therefore, dangerous amounts of fumes may be inhaled before any discomfort is noticed (Sax 1968). In air, nitric oxide is oxidized to nitrogen dioxide which is four to five times as toxic as nitric oxide (Patty 1963). The TLV® for nitric oxide is 25 ppm (8 h - TWA) and 35 ppm (STEL) (TLV 1981).

At normal environmental temperatures, nitrogen dioxide and nitrogen tetroxide are always found together (proportion of NO_2 to N_2O_4 at 37.5°C is 3:7) (Sax 1968). At higher temperatures, the proportion of NO_2 increases. Mixtures are often referred to as "nitrogen dioxide", which is dark brown with a pungent, acrid odour. Nitrogen dioxide is mildly irritating to the eyes, nose and upper respiratory mucosa; therefore, dangerous amounts of fumes may be inhaled before any discomfort is noticed. Nitrogen dioxide is slightly soluble in water, reacting in the presence of oxygen to form nitric and nitrous acids. These acids are formed deep in the respiratory system where they irritate the lungs, causing congestion of the throat and bronchi, and edema of the lungs. Symptoms of exposure include weakness, nausea, abdominal pain, coughing, mucoid frothy sputum, accelerated heart action, severe cyanosis, and convulsions. Excessive exposure will result in death.

Immediate symptoms may clear up on breathing fresh air; however, the above symptoms may ensue in 6 to 24 hours. In fatal cases, death occurs within 8 to 48 hours following exposure. The TLV* for NO_2 is 3 ppm (8 h - TWA) (TLV 1981) and 5 ppm (STEL). There is no TLV* for nitrogen tetroxide.

Ammonia is a colourless gas with a penetrating, pungent and suffocating odour. It is detectable by odour at concentrations as low as 5 ppm. At 100 ppm, irritation of mucous membranes becomes noticeable; prolonged exposure to concentrations above 400 ppm may destroy mucous surfaces by dissolving or emulsifying keratin, fat, and cholesterol. The most frequent cause of death from exposure to ammonia is pulmonary edema. Its TLV* is 25 ppm (8 h - TWA) and 35 ppm (STEL) (TLV 1981).

8 CHEMICAL COMPATIBILITY

8.1 Compatibility of Ammonium Phosphate (Monobasic) with Other Chemicals and Chemical Groups

SPECIFIC CHEMICAL OR CHEMICAL GROUP	HEAT GENERATION	FIRE	EXPLOSION	FORMATION OF FLAMMABLE GASES	VIOLENT POLYMERIZATION	DECOMPOSITION	FORMATION OF TOXIC FUMES	FORMATION OF SUBSTANCES OF GREATER TOXICITY	PRESSURIZATION IN CLOSED VESSELS	SOLUBILIZATION	VIOLENT REACTION	NON-HAZARDOUS REACTION	SPECIFICS	REFERENCE
SPECIAL CHEMICALS														
Sodium Hypochlorite					x									NFPA 1978
Sodium Chlorate					x									GE 1980
GENERAL CLASSES OF SUBSTANCES														
Bases					x		x						Release of ammonia	GE 1980

9 COUNTERMEASURES

9.1 Recommended Handling Procedures

The following procedures have been derived from a review of the literature. To avoid any deviation from the intended meaning, the wording of the original source has been presented essentially unchanged - in so doing, it is recognized that there may be some discrepancies between different sources of information. These procedures should not be considered as Environment Canada's recommendations.

9.1.1 Fire Concerns. Ammonium phosphates are noncombustible materials; however, in a fire they may decompose, liberating irritating ammonia fumes, oxides of nitrogen, and phosphates. They can also polymerize upon heating, again liberating ammonia (Stauffer PSIS 1981).

9.1.2 Fire Extinguishing Agents. Use water, dry chemical, CO_2, foam or other suitable suffocation agents (Stauffer PSIS 1981).

9.1.3 Spill Actions, Cleanup and Treatment.

9.1.3.1 General. Stop or reduce discharge of material if this can be done without risk. Avoid inhalation.

9.1.3.2 Spills on land. Sweep up the spilled material, being careful not to create dust, and place sweepings into an appropriate chemical waste container for disposal (Stauffer PSIS 1981).

9.1.3.3 Spills on water. When spilled on water, the materials will dissociate and produce phosphate and ammonium ions. In situ treatment agents for phosphate ions are Al^{3+}, Ca^{2+}, Fe^{3+}, Mg^{2+}. Ammonium ions can be absorbed by natural zeolites or clinoptilolite (natural zeolite) (OHM-TADS 1981).

9.1.4 Disposal. Waste ammonium phosphates must never be discharged directly into sewer or surface waters. Following treatment either at the spill site or at a waste management facility, the resultant sludge can be disposed of in a secure landfill.

9.1.5 Protective Measures. For entry into a situation where the spilled material and its characteristics are unknown, self-contained breathing apparatus and a totally encapsulated chemical suit should be worn.

If the spilled material is known to be an ammonium phosphate:

- Impervious clothing, full facepiece and self-contained breathing apparatus should be worn if ammonia is present (Stauffer PSIS 1981).
- Rubber or plastic is recommended for gloves and boots (ERCO PDS 1981a).
- Chemical safety glasses should also be worn for eye protection in situations requiring this (ERCO PDS 1981a).

9.1.6 Special Precautions. Do not store in or near areas where mixing with sodium hypochlorite and certain other bases can occur as the liberation of ammonia may take place. Do not store in excessively hot areas (U.S. DOL MSDS 1979).

10 PREVIOUS SPILL EXPERIENCE

This section contains information on previous spill experiences which will be useful to readers in understanding spill response and countermeasures. Only those which meet the criteria are included, and thus, the number of experiences is not an indication of the problems or frequency of spillage. As technology in spill control advances, this section will be updated in future manual revisions to include the most useful information.

10.1 Tank Spill (PC DOC 1982; HMIR 1980)

Vandalism at a fertilizer plant caused a 113,550 L tank containing liquid ammonium phosphates (7 percent ammonia) to spill its contents. Approximately 37,850 L of the product were collected in a catch basin while 75,000 L flowed into a nearby watercourse. Nearly 31,000 fish were reported dead from the mishap. Response personnel arrived a few days later and collected the remaining viscous material in the catch basin along with contaminated soil using backhoes, and disposed of such in a nearby farmer's field. Ammonia levels up to 60 mg/L were measured in the river near the spill site. The ammonia decreased to less harmful concentrations at approximately 2.5 km downstream from the spill.

It was concluded that with the next heavy rainfall, the ammonia in the river would be diluted to trace levels before reaching the river section used for drinking and recreation purposes, about 110 km downstream. No other fish kills were reported after the incident.

11 ANALYTICAL METHODS

The general approach adopted for each of the Priority Chemicals was as follows.

Methods have been documented here for analyses of samples from air, water and soil in a normally equipped chemical laboratory remote from the spill site. Customary sources of standard or recommended analytical methods were consulted, and outlines are presented for each chemical. These sources included publications of the U.S. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), the U.S. Environmental Protection Agency (EPA), the American Water Works Association (AWWA), the American Society for Testing and Materials (ASTM), and the American National Standards Institute (ANSI).

If the standard or recommended methods were judged to be reliable and specific enough for the analysis of environmental and materials samples from spill sites and if they do not require highly specialized laboratory equipment, no additional methods were sought.

If especially simple, reliable tests (e.g. commonly used industrial methods) were found, they have been presented as well.

11.1 Quantitative Method for the Detection of Ammonium Phosphates in Air

11.1.1 Colourimetric (AWWA 1981). This method is useful for concentrations of ammonium phosphates greater than 0.2 ppm or 851 $\mu g/m^3$ in air when a volume of 30 L of air is sampled.

A volume of air equal to 30 L is drawn through 0.8 µm pore size 37 mm diameter cellulose-ester filters. The sample is desorbed in 100 mL of water by shaking vigorously for 45 minutes. The extract should be free from colour and turbidity. One drop of phenolphthalein indicator is added. If the extract turns pink, strong acid is added drop-wise to discharge the colour. Ammonium molybdate reagent is prepared by dissolving 25 g ammonium molybdate in 175 mL water. This is added to a solution of 280 mL concentrated sulphuric acid in 400 mL water and diluted to 1 L. Stannous chloride reagent is prepared by dissolving 2.5 g stannous chloride in 100 mL glycerol and heating to dissolve. Molybdate reagent, 0.4 mL, plus 0.5 mL stannous chloride reagent are added to the extract. The temperature must be held constant within 2°C in the range of 20 to 30°C during colour development. The colour is read after 10 to 12 minutes at 690 nm using a suitable spectrophotometer. The absorbance is compared with a calibration curve,

using a distilled water blank. In addition, a reagent blank must be run. The timing is critical because the colour develops progressively and later fades.

11.2 Qualitative Method for the Detection of Ammonium Phosphates in Air

The sample is collected as in Section 11.1.1, desorbed, then diluted with 6 mL of deionized water. A 1 mL volume of sample is transferred to a beaker. A 5 mL volume of concentrated nitric acid is added and the solution evaporated to approximately 1 mL. This should be done in a fume hood. A 2 mL volume of water is added and the solution transferred to a test tube. A 1 mL volume of 1 M ammonium nitrate and 2 mL of 0.5 M ammonium molybdate are added to the test tube. The contents are then heated to boiling. A yellow precipitate indicates the presence of phosphate (Welcher 1955).

11.3 Quantitative Method for the Detection of Ammonium Phosphates in Water

11.3.1 Colourimetric (AWWA 1981). This method is useful for concentrations of ammonium phosphates greater than 25 µg/L (0.025 ppm) in water.

A representative water sample, about 1 L, is collected. The sample should be free from colour and turbidity. One drop of phenolphthalein indicator is added. If the extract turns pink, strong acid is added drop-wise to discharge the colour. Ammonium molybdate reagent is prepared by dissolving 25 g ammonium molybdate in 175 mL water. This is added to a solution of 280 mL concentrated sulphuric acid in 400 mL water and diluted to 1 L. Stannous chloride reagent is prepared by dissolving 2.5 g stannous chloride in 100 mL glycerol and heating to dissolve. Molybdate reagent, 0.4 mL, plus 0.5 mL stannous chloride reagent are added to the extract. The temperature must be held constant within 2°C in the range of 20 to 30°C during colour development. The colour is read after 10 to 12 minutes at 690 nm using a suitable spectrophotometer. The absorbance is compared with a calibration curve, using a distilled water blank. In addition, a reagent blank must be run. The timing is critical because the colour develops progressively and later fades.

11.4 Qualitative Method for the Detection of Ammonium Phosphates in Water

The sample is collected as in Section 11.3.1. A 1 mL volume of sample is transferred to a beaker. A 5 mL volume of concentrated nitric acid is added and the solution evaporated down to approximately 1 mL. This should be done in a fume hood. A 2 mL volume of water is added and the solution transferred to a test tube. A 1 mL volume of 1 M ammonium nitrate and 2 mL of 0.5 M ammonium molybdate are added to

the test tube. The contents are then heated to boiling. A yellow precipitate indicates the presence of phosphate (Welcher 1955).

11.5 Quantitative Method for the Detection of Ammonium Phosphates in Soil

11.5.1 Titrimetric (AOAC 1925). A 5 g soil sample and 10 g of sodium peroxide are mixed in a porcelain crucible. The mixture is heated with a bunsen burner until a reaction starts then the crucible is covered and low red heat is used for 30 minutes. The mixture is quantitatively transferred to a 500 mL volumetric flask using hot water for rinsing. The mixture is then acidified with concentrated hydrochloric acid and then boiled. The solution is cooled and made to volume with water. The silica is allowed to settle and a clear 200 mL aliquot of solution is removed.

Dilute (50 percent) ammonium hydroxide is added to precipitate iron, aluminum, and phosphorus, and the solution is filtered. The precipitate is washed with hot water several times and then placed in a beaker. Hot dilute (25 percent) hydrochloric acid is added to the beaker to dissolve the precipitate. The solution is evaporated to dryness on a water bath and the silica removed by filtration. The filtrate is evaporated to approximately 10 mL and 2 mL of concentrated nitric acid is added. The excess acid is neutralized with dilute (50 percent) ammonium hydroxide followed by the addition of concentrated nitric acid until the solution clears. The solution is heated to between 40 and 50°C on a water bath, then 15 mL of molybdate solution is added. The temperature is maintained for 1 to 2 hours. The solution is left to stand overnight, filtered, and the residue is washed free from the acid with cold water. The filter plus residue is transferred to a small beaker and dissolved in sodium or potassium hydroxide. The excess alkali is titrated with standardized nitric acid using phenolphthalein indicator (AOAC 1925).

11.6 Qualitative Method for the Detection of Ammonium Phosphates in Soil

The sample is prepared as in Section 11.5.1 up to the removal of a clear 200 mL aliquot. A 1 mL volume of sample is placed in a test tube and 4 mL of 6 M hydrochloric acid is added. The solution is heated to boiling and hydrogen sulphide is bubbled in. The solution is then centrifuged and the supernatant treated with 5 mL of concentrated nitric acid and evaporated to approximately 1 mL in a fume hood. A 2 mL volume of water is added followed by 1 mL of 1.0 M ammonium nitrate and 2 mL of 0.5 M ammonium molybdate. The solution is heated to boiling. A yellow precipitate indicates phosphates (Welcher 1955).

12 REFERENCES AND BIBLIOGRAPHY

12.1 References

AOAC 1925: Association of Official Agricultural Chemists, Methods of Analysis, Washington, D.C., p. 31. (1925).

ASS: Atlas Steel, Atlas Stainless Steels, Toronto, Ontario. Not dated.

AWWA 1981: American Water Works Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 15th Edition, American Public Health Association, Washington, D.C., pp. 417-420. (1981).

CBG 1980: Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario. (December, 1980).

CCPA 1981: The Canadian Chemical Producers' Association, List of Members, Toronto, Ontario. (October, 1981).

CCPA 1982: The Canadian Chemical Producers' Association, private communication, Ottawa, Ontario. (November, 1982).

CDS 1967: National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, Texas. (1967).

CHRIS 1978: U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, D.C. (1978).

Corpus 1981: Corpus Information Services Ltd., "Ammonium Phosphates", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario. (June, 1981).

CRC 1980: Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, Ohio. (1980).

DCRG 1978: Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, Michigan. (1978).

Dow PPS 1972: Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Piping Systems, Midland, Michigan, Brochure 178-102-72. (1972).

DPPED 1967: DOM-X, DOM-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario. (1967).

ERCO PDS 1981a: Erco Industries Ltd., Product Data Sheet on Monoammonium Phosphate, Islington, Ontario. (1981).

ERCO PDS 1981b: Erco Industries Ltd., Product Data Sheet on Diammonium Phosphate, Islington, Ontario. (1981).

ERCO: Erco Industries Ltd., Properties of Inorganic Phosphate Salts, Islington, Ontario. Not dated.

GE 1980: General Electric Company, Material Safety Data Sheets, Material Safety Information Services, Schenectady, New York. (August, 1980).

GF: GF Plastic Systems Inc., GF Plastic Systems, Santa Ana, California. Not dated.

GPP: Uniroyal, Guide to Polymer Properties, Uniroyal Inc., Mishawaka, Indiana. Not dated.

HIS 1969: Hydraulic Institute, Hydraulic Institute Standards, 12th Edition, New York, New York. (1969).

HMIR 1980: World Information Systems, "Spilled Fertilizer Kills More than 30,000 Fish in Missouri", Hazardous Material Intelligence Report, p. 3. (22 August 1980).

IMC 1976: International Minerals and Chemical Corp., Monofos Information Data Sheet, Mundelein, Illinois. (1976).

Inman 1974: Inman, R.C., Acute Toxicity of Phos-check 202 and Diammonium Phosphate to Fathead Minnows, U.S. NTIS No. AD/A 006122/6 GA. (December, 1974).

Johnson 1977: Johnson, W.W., Sanders, H.D., "Chemical Forest Fire Retardants: Acute Toxicity to Five Freshwater Fishes and a Scud", U.S. Fish and Wildlife Service Technical Paper, Vol. 91, pp. 1-8. (1977).

JSSV 1979: Jenkins Brothers, Jenkins Corrosion Resistant Stainless Steel Valves, New York, New York. (1979).

Lange's Handbook 1979: Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1979).

MWPP 1978: Rehau, Mechan-O-Joint Water Pressure Pipe and Fittings, Montreal, Quebec. (1978).

NFPA 1978: National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, Massachusetts. (1978).

OHM-TADS 1981: Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. EPA, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, D.C. (1981).

O.I. 1970: Oceanology International. (October, 1970).

Ontario E.P. Act 1971: Ontario Ministry of the Environment, "The Environmental Protection Act, Statutes of Ontario 1971", Chapter 86, as amended; and Regulation 15 (General) as amended. (1971).

Patty 1963: Patty, F.A., Fassett, D.W., Irish, D.D. (ed.), Industrial Hygiene and Toxicology, Second Revised Edition, Vol. II, Toxicology, Interscience Publishers, New York, New York. (1963).

PC 1981: Personal Communication (Letter) with Erco Industries Limited, Islington, Ontario. (November, 1981).

PC 1982: Personal Communication, Sherritt Gordon Mines Limited, Toronto, Ontario. (3 February 1982).

PC DOC 1982: Personal Communication, Missouri Department of Conservation, Columbia, Missouri. (15 June 1982).

RTDCR 1974: Regulations for the Transport of Dangerous Commodities by Rail, Canadian Transport Commission, Ottawa, Ontario. (1974).

RTECS 1979: Lewis, R.J., Tatken, R.L., Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, Ohio. (September, 1980).

Sax 1968: Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials, Third Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, New York. (1968).

Scott 1979: Scott's Industrial Directory of Ontario Manufacturers, 12th Edition, Penstock Directories Limited, Oakville, Ontario. (1979).

Sherritt: Personal Communication, Sherritt Gordon Mines Limited. (1982).

Stauffer IDS 1979: Stauffer Chemical Company of Canada Limited, Information Data Sheet on Monoammonium Phosphate, Markham, Ontario. (1979).

Stauffer IDS 1981: Stauffer Chemical Company of Canada Ltd., Information Data Sheet on Diammonium Phosphate, Markham, Ontario. (1981).

Stauffer MSDS 1981: Stauffer Chemical Company, Material Safety Data Sheet, Westport, Connecticut. (1981).

Stauffer PSIS 1981: Stauffer Chemical Company, Product Safety Information, Diammonium Phosphate, Westport, Connecticut. (September, 1981).

Streeter 1971: Streeter, V.L., Fluid Mechanics, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1971).

TCM 1979: General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, Illinois. (May, 1979).

TDB (on-line) 1981: Toxicity Data Base, Toxicology Information On-Line. Available from National Library of Medicine, Washington, D.C. (1981).

TLV 1981: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLV®s Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment with Intended Changes for 1981, Cincinnati, Ohio. (1981).

TPS 1978: GSR Fluid Handling, Thermoplastic Piping Systems, Sun Valley, California. (1978).

U.S. DOL MSDS 1979: U.S. Department of Labour, Material Safety Data Sheet, Monoammonium Phosphate, Occupational Safety and Health Administration, Washington, D.C. (1979).

Water Management Goals 1978: Ontario Ministry of the Environment, Water Management Goals, Policies, Objectives and Implementation Procedures for the Ministry of the Environment, Toronto, Ontario. (November, 1978).

Welcher 1955: Welcher, F.J., Hahn, R.B., Semimicro Qualitative Analysis, D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton, New Jersey, pp. 458. (1955).

12.2 Bibliography

American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLV*s Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment with Intended Changes for 1981, Cincinnati, Ohio. (1981).

American Water Works Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 15th Edition, American Public Health Association, Washington, D.C., pp. 417-420. (1981).

Association of Official Agricultural Chemists, Methods of Analysis, Washington, D.C., p. 31. (1925).

Atlas Steel, Atlas Stainless Steels, Toronto, Ontario. Not dated.

The Canadian Chemical Producers' Association, List of Members, Toronto, Ontario. (October, 1981).

The Canadian Chemical Producers' Association, private communication, Ottawa, Ontario. (November, 1982).

Canadian Transport Commission, Regulations for the Transport of Dangerous Commodities by Rail, Ottawa, Ontario. (1974).

Corpus Information Services Ltd., "Ammonium Phosphates", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario. (June, 1981).

Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1979).

DOM-X, DOM-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario. (1967).

Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, Michigan. (1978).

Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Piping Systems, Midland, Michigan, Brochure 178-102-72. (1972).

Erco Industries Ltd., Product Data Sheet on Diammonium Phosphate, Islington, Ontario. (1981).

Erco Industries Ltd., Product Data Sheet on Monoammonium Phosphate, Islington, Ontario. (1981).

Erco Industries Ltd., Properties of Inorganic Phosphate Salts, Islington, Ontario. Not dated.

General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, Illinois. (May, 1979).

General Electric Company, Material Safety Data Sheets, Material Safety Information Services, Schenectady, New York. (August, 1980).

GF Plastic Systems Inc., GF Plastic Systems, Santa Ana, California. Not dated.

GSR Fluid Handling, Thermoplastic Piping Systems, Sun Valley, California. (1978).

Hydraulic Institute, Hydraulic Institute Standards, 12th Edition, New York, New York. (1969).

Inman, R.C., Acute Toxicity of Phos-check 202 and Diammonium Phosphate to Fathead Minnows, U.S. NTIS No. AD/A 006122/6 GA. (December, 1974).

International Minerals and Chemical Corp., Monofos Information Data Sheet, Mundelein, Illinois. (1976).

Jenkins Brothers, Jenkins Corrosion Resistant Stainless Steel Valves, New York, New York. (1979).

Johnson, W.W., Sanders, H.D., "Chemical Forest Fire Retardants: Acute Toxicity to Five Freshwater Fishes and a Scud", U.S. Fish and Wildlife Service Technical Paper, Vol. 91, pp. 1-8. (1977).

Lewis, R.J., Tatken, R.L., Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, Ohio. (September, 1980).

National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, Texas. (1967).

National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, Massachusetts. (1978).

Oceanology International. (October, 1970).

Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. EPA, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, D.C. (1981).

Ontario Ministry of the Environment, "The Environmental Protection Act, Statutes of Ontario 1971", Chapter 86, as amended; and Regulation 15 (General) as amended. (1971).

Ontario Ministry of the Environment, Water Management Goals, Policies, Objectives and Implementation Procedures for the Ministry of the Environment, Toronto, Ontario. (November, 1978).

Patty, F.A., Fassett, D.W., Irish, D.D. (ed.)., Industrial Hygiene and Toxicology, Second Revised Edition, Vol. II, Toxicology, Interscience Publishers, New York, New York. (1963).

Personal Communication (Letter) with Erco Industries Limited, Islington, Ontario. (November, 1981).

Personal Communication, Missouri Department of Conservation, Columbia, Missouri. (15 June 1982).

Personal Communication, Sherritt Gordon Mines Limited. (1982).

Personal Communication, Sherritt Gordon Mines Limited, Toronto, Ontario. (3 February 1982).

Rehau, Mechan-O-Joint Water Pressure Pipe and Fittings, Montreal, Quebec. (1978).

Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials, Third Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, New York. (1968).

Scott's Industrial Directory of Ontario Manufacturers, 12th Edition, Penstock Directories Limited, Oakville, Ontario. (1979).

Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario. (December, 1980).

Stauffer Chemical Company of Canada Limited, Information Data Sheet on Diammonium Phosphate, Markham, Ontario. (1981).

Stauffer Chemical Company of Canada Limited, Information Data Sheet on Monoammonium Phosphate, Markham, Ontario. (1979).

Stauffer Chemical Company, Material Safety Data Sheet, Westport, Connecticut. (1981).

Stauffer Chemical Company, Product Safety Information, Diammonium Phosphate, Westport, Connecticut. (September, 1981).

Streeter, V.L., Fluid Mechanics, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1971).

Toxicity Data Base, Toxicology Information On-Line. Available from National Library of Medicine, Washington, D.C. (1981).

Uniroyal, Guide to Polymer Properties, Uniroyal Inc., Mishawaka, Indiana. Not dated.

U.S. Department of Labour, Material Safety Data Sheet, Monoammonium Phosphate, Occupational Safety and Health Administration, Washington, D.C. (1979).

U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, D.C. (1978).

Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, Ohio. (1980).

Welcher, F.J., Hahn, R.B., Semimicro Qualitative Analysis, D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton, New Jersey, pp. 458. (1955).

World Information Systems, "Spilled Fertilizer Kills More than 30,000 Fish in Missouri", Hazardous Material Intelligence Report, p. 3. (22 August 1980).

EnviroTIPS

Common Abbreviations

BOD	biological oxygen demand
b.p.	boiling point
CC	closed cup
cm	centimetre
CMD	count median diameter
COD	chemical oxygen demand
conc.	concentration
c.t.	critical temperature
eV	electron volt
g	gram
ha	hectare
Hg	mercury
IDLH	immediately dangerous to life and health
Imp. gal.	imperial gallon
in.	inch
J	joule
kg	kilogram
kJ	kilojoule
km	kilometre
kPa	kilopascal
kt	kilotonne
L	litre
lb.	pound
LC_{50}	lethal concentration fifty
LC_{LO}	lethal concentration low
LD_{50}	lethal dose fifty
LD_{LO}	lethal dose low
LEL	lower explosive limit
LFL	lower flammability limit
m	metre
m	meta
M	molar
MAC	maximum acceptable concentration
max	maximum
mg	milligram
MIC	maximum immision concentration
min	minute or minimum
mm	millimetre
µg	microgram
µm	micrometre
°Be	degrees Baumé (density)
MMAD	mass median aerodynamic diameter
MMD	mass median diameter
m.p.	melting point
MW	molecular weight
N	newton
NAS	National Academy of Sciences
NFPA	National Fire Protection Association
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
nm	nanometre
o	ortho
OC	open cup
p	para
P_c	critical pressure
PEL	permissible exposure level
pH	measure of acidity/alkalinity
ppb	parts per billion
ppm	parts per million
P_s	standard pressure
psi	pounds per square inch
s	second
STEL	short-term exposure limit
STIL	short-term inhalation limit
T_c	critical temperature
TC_{LO}	toxic concentration low
T_d	decomposition temperature
TD_{LO}	toxic dose low
TL_m	median tolerance limit
TLV	Threshold Limit Value
T_s	standard temperature
TWA	time weighted average
UEL	upper explosive limit
UFL	upper flammability limit
VMD	volume mean diameter
v/v	volume per volume
w/w	weight per weight

Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement

Environment Canada
Environmental Protection Service

collection
ENVIROGUIDE

LES PHOSPHATES D'AMMONIUM

Canada

avril 1984

COLLECTION «ENVIROGUIDE»

La collection «Enviroguide» est constituée de guides d'information technique à utiliser en cas de déversements de matières dangereuses. Chaque guide fournit une masse considérable d'information relative au produit chimique dont il traite. L'information ainsi présentée a pour but d'aider l'utilisateur à mettre sur pied un plan d'intervention en cas d'accident et à évaluer les incidences sur l'environnement que peut avoir tel ou tel polluant. Le contenu de chacun des guides a été vérifié par la Direction des services techniques du Service de la protection de l'environnement avant que ne soit autorisée sa publication. Il est à noter qu'une telle autorisation n'implique pas que le contenu des guides reflète les points de vue ou la politique du Service de la protection de l'environnement. De même, le fait de mentionner des marques déposées ou des noms de produits commerciaux ne doit pas être interprété comme une forme de recommandation.

collection
ENVIROGUIDE

LES PHOSPHATES D'AMMONIUM

DIRECTION DES SERVICES TECHNIQUES

DIRECTION GÉNÉRALE DES PROGRAMMES
DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

SERVICE DE LA PROTECTION
DE L'ENVIRONNEMENT

OTTAWA
MARS 1984
ENVIRONNEMENT CANADA

Publication
distribuée par le Service des publications
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 1C8

Édition française de
Ammonium Phosphates
préparée par le Module d'édition française

English copy available at the above mentioned address

Imprimé
par le ministère des Approvisionnements et Services
N° de catalogue: EN 48-10/1-1984F
ISBN 0-662-92601-3x

©
Ministère des Approvisionnements et Services
1984

AVANT-PROPOS

La collection «Enviroguide» a été lancée officiellement en 1983. Elle est constituée de guides d'information technique sur les produits chimiques qui sont les plus souvent en cause dans les cas de déversements accidentels. Les guides, qui s'adressent à des spécialistes dans le domaine des déversements, sont conçus pour aider à planifier les interventions d'urgence et évaluer les incidences sur l'environnement.

Vu la grande quantité d'information présentée et le caractère très technique des guides, ces derniers ne s'adressent pas au personnel de première intervention, pour qui existent déjà des manuels plus appropriés.

L'information offerte a été glanée en majeure partie dans des publications déjà existantes. Les auteurs ont pris grand soin, aussi bien au stade de la compilation qu'à celui de la révision, de vérifier la justesse des éléments retenus. Néanmoins, il ne faut pas voir dans la publication de ces éléments d'information une forme de recommandation de la part du gouvernement du Canada ni de quelque autre groupe.

REMERCIEMENTS

La version définitive du présent guide est l'oeuvre du personnel du Service de la protection de l'environnement, qui a procédé à la refonte de nombreux passages du texte initial, ajouté maints renseignements et commentaires et préparé les schémas et les figures.

Le travail préliminaire avait été donné à contrat par Environnement Canada aux firmes M.M. Dillon Consulting Engineers and Planners, Concord Scientific Corporation et Waterloo Engineering Limited.

L'abondance de détails qu'on trouve dans le guide est le fruit de la collaboration de plusieurs personnes, organismes et institutions qui ont fourni des données et des conseils précieux, au stade de la compilation comme au stade de la rédaction. Sous ce rapport, l'Association canadienne des fabricants de produits chimiques mérite des remerciements particuliers.

TABLE DES MATIÈRES

	Avant-propos	III
	Remerciements	III
	Liste des figures	VIII
	Liste des tableaux	VIII
	Abréviations et symboles	IX
	Définitions	X
	Sigles	XI
1	**Résumé**	1
1.1	Hydrogénophosphate d'ammonium $(NH_4)_2 HPO_4$	1
1.2	Dihydrogénophosphate d'ammonium $NH_4H_2PO_4$	1
2	**Propriétés physiques et chimiques**	3
3	**Production, transport et commerce**	6
3.1	Qualités et teneurs	6
3.1.1	Hydrogénophosphate d'ammonium	6
3.1.2	Dihydrogénophosphate d'ammonium	6
3.2	Fabricants au Canada	6
3.3	Autres fournisseurs	6
3.4	Principaux centres de production	7
3.5	Volume de production	7
3.6	Fabrication industrielle	7
3.6.1	Informations générales	7
3.6.2	Matières premières	7
3.6.3	Procédé de fabrication	7
3.7	Développement de l'industrie	8
3.8	Principales utilisations au Canada	8
3.9	Principaux acheteurs au Canada	8
4	**Manutention du produit et compatibilité**	9
4.1	Citernes et autres récipients d'expédition	9
4.1.1	Transport en vrac	9
4.1.1.1	Wagons-citernes	9
4.1.2	Autres contenants d'expédition	9
4.2	Déchargement	9
4.2.1	Matériel et procédés de déchargement	9
4.2.2	Matériaux de fabrication des organes de déchargement	12
4.3	Compatibilité entre les phosphates d'ammonium et certains matériaux	12
5	**Fuite et migration du produit**	16
5.1	Aperçu général	16
5.2	Fuite du produit	16
5.2.1	Introduction	16
5.2.2	Nomogrammes de fuites	17
5.2.2.1	Pourcentage de liquide restant en fonction du temps	17
5.2.2.2	Débit de fuite en fonction du temps d'écoulement	17
5.2.3	Exemples de calcul	19
5.3	Diffusion dans l'atmosphère	19
5.4	Comportement dans l'eau	19

5.4.1	Introduction	19
5.4.2	Nomogrammes de diffusion du polluant dans l'eau	19
5.4.2.1	Diffusion dans les rivières non soumises aux marées	20
5.4.2.2	Diffusion dans les étendues d'eau calme ou les lacs (au repos)	27
5.4.3	Étapes du calcul	27
5.4.3.1	Teneur en polluant dans une rivière non soumise aux marées	27
5.4.3.2	Teneur en polluant dans les étendues d'eau calme ou les lacs (au repos)	32
5.5	Comportement dans la subsurface: migration dans le sol	32
5.5.1	Mécanismes	32
5.5.2	Migration de l'hydrogénophosphate d'ammonium dans la zone non saturée	32
5.5.3	Coefficient de perméabilité en sol saturé	34
5.5.4	Types de sol	34
5.5.5	Nomogrammes de migration	34
5.5.6	Exemple de calcul	38
6	**Protection de l'environnement**	**39**
6.1	Limites maximales admissibles	39
6.1.1	Qualité de l'eau	39
6.1.1.1	Au Canada	39
6.1.1.2	Autres pays	39
6.1.2	Qualité de l'air	39
6.1.2.1	Au Canada	39
6.2	Toxicité pour les espèces aquatiques	39
6.2.1	Évaluation de la toxicité aux États-Unis	39
6.2.2	Toxicité en eau douce	39
6.2.3	Études sur le milieu aquatique	40
6.3	Études sur les effets toxiques	40
6.4	Dégradation	40
6.5	Devenir et effets à long terme	40
7	**Protection de la santé**	**41**
7.2	Données sur les propriétés irritantes	41
7.2.1	Contact avec la peau	41
7.2.2	Contact avec les yeux	41
7.3	Seuil de perception des caractères organoleptiques	41
7.3.1	Odeur	41
7.3.2	Goût	42
7.4	Études à long terme	42
7.4.1	Inhalation	42
7.4.2	Ingestion	42
7.5	Symptômes d'intoxication	42
7.5.1	Inhalation	42
7.5.2	Ingestion	42
7.5.3	Contact avec la peau	42
7.5.4	Contact avec les yeux	43
7.6	Toxicité des produits de décomposition pour l'homme	43
7.6.1	Oxyde nitrique, dioxyde d'azote, tétroxyde d'azote et ammoniac	43
8	**Compatibilité chimique**	**44**
8.1	Compatibilité entre le phosphate d'ammonium monobasique et divers produits chimiques	44
9	**Mesures d'intervention et de sécurité**	**45**
9,1	Mesures recommandées	45
9.1.1	Risques d'incendie	45

9.1.2 Moyens d'extinction 45
9.1.3 Mesures d'intervention de nettoyage et de traitement en cas de déversement accidentel 45
9.1.3.1 Information générale 45
9.1.3.2 Déversements sur le sol 45
9.1.3.3 Déversements dans l'eau 45
9.1.4 Élimination 45
9.1.5 Appareils et vêtements de protection 45
9.1.6 Précautions spéciales 45

10 Cas de déversements accidentels 46
10.1 Bris d'un réservoir de stockage 46

11 Identification et dosage des polluants 47
11.1 Dosage du polluant présent dans l'air (analyse quantitative) 47
11.1.1 Méthode colorimétrique 47
11.2 Dosage du polluant présent dans l'air (analyse qualitative) 47
11.3 Dosage du polluant présent dans l'eau (analyse quantitative) 48
11.3.1 Méthode colorimétrique 48
11.4 Dosage du polluant présent dans l'eau (analyse qualitative) 48
11.5 Dosage du polluant présent dans le sol (analyse quantitative) 48
11.5.1 Méthode titrimétrique 48
11.6 Dosage du polluant présent dans le sol (analyse qualitative) 49

12 Références et bibliographie 50
12.1 Références 50
12.2 Bibliographie 53

LISTE DES FIGURES

1	Solubilité dans l'eau en fonction de la température	4
2	Wagon-citerne	10
3	Wagon-citerne perforé dans le bas	17
4	Pourcentage de liquide restant/temps d'écoulement	18
5	Débit de fuite/temps d'écoulement	18
6	Étapes à suivre pour calculer la teneur en polluant dans une rivière non soumise aux marées	21
7	Distance en fonction du temps	22
8	Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal	23
9	Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique	24
10	Alpha en fonction du coefficient de diffusion turbulente	25
11	Delta en fonction de alpha	26
12	Teneur maximale en fonction de delta	28
13	Volume d'eau en fonction du rayon hydraulique	29
14	Teneur moyenne en fonction du volume d'eau	30
15	Migration dans le sous-sol	31
16	Plan d'utilisation des nomogrammes	33
17	Migration dans du sable grossier	35
18	Migration dans du sable limoneux	36
19	Migration dans du till argileux	37

LISTE DES TABLEAUX

1	Nomogrammes de conversion	5
2	Spécifications relatives aux wagons-citernes	9
3	Spécifications des wagons-citernes – classe 111A60W1	11
4	Compatibilité entre les phosphates d'ammonium et certains matériaux de fabrication	13

ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES

adf	Antidéflagrant
atm	Atmosphère
c.f.	Coupelle fermée
c.o.	Coupelle ouverte
CPG	Chromatographie en phase gazeuse
d	Densité
d vap	Densité de vapeur
d.-v.	Demi-vie
D ext.	Diamètre extérieur
D int.	Diamètre intérieur
DAMM	Diamètre aérodynamique moyen en masse
DBO	Demande biochimique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
D_e	Diamètre d'entrée
DIF	Détecteur d'ionisation à flamme
DMM	Diamètre moyen en masse
DMN	Diamètre moyen en nombre
DMV	Diamètre moyen en volume
DPI	Détecteur à photo-ionisation
D_s	Diamètre de sortie
DL min.	Dose létale minimale
DL 50	Dose létale moyenne
et coll.	et collaborateurs
eV	Électronvolt
f. n. éq.	Fumée normalisée équivalente
gal imp.	Gallon impérial
IDLH	*Immediately Dangerous to Life or Health*
IR	Infrarouge
j	jour
J	Joule
K	Coefficient de perméabilité
l	litre
L.I.E.	Limite inférieure d'explosibilité
L.I.I.	Limite inférieure d'inflammabilité
L.S.E.	Limite supérieure d'explosibilité
L.S.I.	Limite supérieure d'inflammabilité
m	Masse
MAK	Teneur maximale admissible (norme établie par la RFA)
MAK-K	Teneur maximale admissible (norme établie par la RDA)
MAK-D	Teneur maximale admissible – courte durée (norme établie par la RDA)
max.	Maximum
mé/l	Milliéquivalent par litre
MIK	Teneur maximale d'immission (norme établie par la RDA)
min.	Minimum
mn	Minute
M mol.	Masse molaire
M vol.	Masse volumique
mol	Mole
MPT	Moyenne pondérée en fonction du temps
N	Newton
Pa · s	Pascal seconde
pds éq.	Poids équivalent
ppb	Parties par milliard (10^{-9})
ppm	Parties par million (10^{-6})
ppt	Parties par mille (10^{-3})
psi	*Pounds per square inch*
P	Pression
P_c	Pression critique
PEL	*Permissible Exposure Limit*
Po	Poise
Pt cong.	Point de congélation
Pt déf.	Point de déflagration
Pt dét.	Point de détonation
Pt ébul.	Point d'ébullition
Pt écl.	Point d'éclair
Pt écoul.	Point d'écoulement
Pt fus.	Point de fusion
Pt liq.	Point de liquéfaction
PVC	Chlorure de polyvinyle
q	Débit
q_e	Débit d'entrée
q_f	Débit de fuite
q_m	Débit-masse
q_s	Débit de sortie
q_v	Débit-volume
std	Standard
SM	Spectroscopie de masse
St	Stokes
STEL	*Short Term Exposure Limit*
t	Tonne
t	Temps
temp.	Température
$Temp_c$	Température critique
TE 50	Teneur efficace moyenne
tf	Tonne forte
TI 50	Teneur inhibitrice moyenne
TLm	Tolérance moyenne
TL min.	Teneur létale minimale
TL 50	Teneur létale moyenne
TLV®	*Threshold Limit Value*
TLV®C	*Threshold Limit Value-Ceiling*
TPN	Température et pression normales
TT min.	Teneur toxique minimale
u	Vitesse du vent
μ	Viscosité
vap	Vapeur

vol.	Volume
V	Vitesse d'écoulement
V biod.	Vitesse de biodégradation
V évap.	Vitesse d'évaporation
^{o}Bé	Degré Baumé
^{o}C	Degré Celsius
ø	Diamètre
x	Distance sous le vent
⚒	Ne pas utiliser d'eau comme moyen d'extinction

DÉFINITIONS

Les définitions figurant ci-dessous valent pour la collection «Enviroguide». Le lecteur notera qu'elles n'ont pas toujours une portée générale. Pour plus de détails, ou pour d'autres définitions, se reporter au manuel d'introduction de la collection.

Bioconcentration. – Rétention d'une substance dans les tissus d'un organisme au point que la teneur des tissus en cette substance surpasse la teneur du milieu ambiant en cette substance, à un moment donné de la vie de cet organisme.

Bio-accumulation. – Rétention sans cesse croissante d'une substance dans les tissus d'un organisme tout au long de son existence (le facteur de bioconcentration augmentant sans cesse).

Bio-amplification. – Rétention d'une substance dans les tissus à des teneurs de plus en plus élevées au fur et à mesure que l'on s'élève dans la hiérarchie des organismes de la chaîne alimentaire.

Concentration. – Comme ce mot a des sens multiples et parfois mal définis selon qu'il s'agit de chimie, de biologie ou d'écologie, on lui a préféré des termes jugés plus précis, tels titre, teneur et bioconcentration.

Contaminant. – Polluant qui figure sur une liste de produits dangereux, établie en vertu de la Loi sur les contaminants de l'environnement.

Dose létale minimale. – Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la dose définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible dose (autre que la DL 50) d'une substance dont l'absorption, excluant l'inhalation, en une ou plusieurs prises, au bout d'un temps donné, a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. DL min.

Dose létale moyenne (1). – Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la dose qui tue, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. DL 50.

Dose létale moyenne (2). – A des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la dose (calculée) d'une substance censée entraîner, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'absorption, excluant l'inhalation, d'une quantité de cette substance par un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. DL 50.

Dose toxique minimale. – La plus faible dose d'une substance, introduite par toute autre voie que l'inhalation, pendant quelque période de temps que ce soit, dont l'absorption a été signalée comme cause d'effet toxique chez des personnes ou d'effets cancinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou ou les personnes. Abrév. DT min.

Facteur de bioconcentration. – Rapport de la teneur en une substance des tissus d'un organisme exposé (moins la teneur des tissus d'un organisme témoin) à la teneur en cette substance du milieu ambiant.

IDLH *(Immediately Dangerous to Life or Health).* – Teneur plafond à laquelle, dans un délai maximal d'exposition de 30 minutes, il est possible à une personne de fuir les lieux exposés sans qu'il n'y ait manifestation de signes fonctionnels d'intoxication, perturbation irréversible de la santé ou décès. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Immission. – Transfert d'un polluant de l'atmosphère vers un «récepteur» qui peut être une personne, un animal, une plante. La teneur maximale d'immission, mentionnée au chapitre 7, se rapporte au polluant retenu dans les poumons. Il s'agit d'un concept d'origine allemande, adopté par l'ISO.

Létal. – En toxicologie, synonyme de mortel.

MAK *(Maximale Arbeidsplatz Konzentration).* – Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RFA.

MAK-D. – Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

MAK-K. – Teneur limite admissible en milieu de travail pour une période très courte ne dépassant pas 30 minutes. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

PEL *(Permissible Exposure Limit).* – Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle peuvent être exposés des travailleurs pendant une période de relève. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Polluant. – Agent physique, chimique ou biologique qui provoque une dégradation dans un milieu donné.

STEL (TLV – *Short Term Exposure Limit*). – Teneur limite à laquelle les travailleurs peuvent être exposés de façon continue pour une courte période sans souffrir d'irritation, de dommage irréversible aux tissus ou d'une narcose suffisamment grave pour accroître la probabilité de blessure par accident, diminuer la capacité de fuir ou réduire physiquement l'efficacité au travail, en prenant pour acquis que la TLV quotidienne n'a pas été dépassée. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

Teneur. – Quantité de matière solide, liquide ou gazeuse, rapportée à une masse ou à un volume d'autres matières dans lesquelles elle est en mélange, suspension ou dissolution.

Teneur effilance moyenne. – Dans le cas de la toxicité pour la micro-faune, il s'agit de la teneur à laquelle se produit, chez 50 p. 100 de la population, pour une durée d'exposition donnée, un effet tel que l'immobilisation, la perte de l'équilibre, une déficience de croissance ou même la mort. Abrév. TE 50.

Teneur inhibitrice moyenne. – Dans le cas de la toxicité pour la micro-flore ou la micro-faune, il s'agit de la toxicité qui inhibe à 50 p. 100 une activité biologique (par exemple, la croissance) en un temps déterminé. Abrév. TI 50.

Teneur létale minimale. – Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la teneur définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible teneur (autre que la TL 50) de l'air en une substance dont l'inhalation a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. TL min.

Teneur létale moyenne (1). – Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la teneur à laquelle meurent, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. TL 50.

Teneur létale moyenne (2). – A des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la teneur (calculée) de l'air en une substance dont l'inhalation est censée provoquer, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'exposition d'un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. TL 50.

Teneur plafond. – Teneur maximale admissible établie pour une durée d'exposition bien déterminée, dans le cas d'une substance très toxique. (L'IDLH et la TLV®-*C* sont des teneurs plafonds.)

Teneur toxique minimale. – La plus faible teneur de l'air en une substance à laquelle des personnes ou des animaux ont été exposés, pour quelque période de temps que ce soit, sans qu'il y ait eu d'effet toxique chez les personnes ou d'effets carcinogènes, néoplatogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. TT min.

Titre (d'une solution, en chimie). – Rapport de la masse d'une substance dissoute à la masse totale ou du nombre de moles d'un constituant au nombre total de moles.

TLV® *(Threshold Limit Value).* – Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle la majorité des travailleurs peuvent être exposés régulièrement à raison de 8 heures par jour, 5 jours par semaine, sans subir d'effet nocif. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

TLV®-C *(Threshold Limit Value-Ceiling).* – Teneur limite admissible pour un moment donné. Il s'agit d'une valeur plafond définie et déterminée par l'ACGIH.

Tolérance moyenne. – Niveau de tolérance correspondant à la teneur à laquelle 50 p. 100 des sujets d'un test survivent au bout d'un temps donné. Abrév. TLm.

SIGLES

ACGIH	American Conference of Government Industrial Hygienists
ANSI	American National Standards Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWQC	Ambient Water Quality Criteria (USA)
AWWA	American Water Works Association
CBG	Chemical Buyers' Guide (USA)
CCD	Condensed Chemical Dictionary (USA)
CCPA	Canadian Chemical Producers Association
CCT	Commission canadienne des transports
CHRIS	Chemical Hazards Response Information System (USA)
EPA	Environmental Protection Agency (USA)
ITII	International Technical Information Institute (Japon)
MCA	Manufacturing Chemists Association (USA)
MDT	Ministère des Transports (du Canada)
NACE	National Association of Corrosion Engineers (USA)
NAS	National Academy of Sciences (USA)
NFPA	National Fire Protection Association (USA)
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
NRC	National Research Council (USA)
OSHA	Occupational Safety and Health Administration (USA)

PHOSPHATES D'AMMONIUM

1 RÉSUMÉ

Les phosphates d'ammonium se présentent en granules ou en poudre.

1.1 Hydrogénophosphate d'ammonium
$(NH_4)_2\ HPO_4$

Synonymes

Phosphate d'ammonium dibasique, phosphate d'ammonium secondaire, orthophosphate d'ammonium monoacide, *di* ammonium *hydrogéno* phosphate, *di*phosphate d'ammonium.

1.2 Dihydrogénophosphate d'ammonium
$NH_4\ H_2PO_4$

Synonymes

*Mono*phosphate d'ammonium, orthophosphate monoammonique, phosphate d'ammonium primaire, phosphate acide d'ammonium, ammonium *dihydrogéno*phosphate, orthophosphate d'ammonium diacide, phosphate d'ammonium monobasique.

N^os^ d'identification

Hydrogénophosphate d'ammonium. UN: aucun; CAS: 7783-28-0.

Dihydrogénophosphate d'ammonium. UN: aucun; CAS: 7722-76-1; OHM-TADS: 7216590; STCC-4918704.

Qualités et teneurs

	Hydrogéno-phosphate d'ammonium	Dihydrogéno-phosphate d'ammonium	Engrais
Commerciale	53 % P_2O_5, 25 % NH_3	60 % P_2O_5, 14,5 % NH_3	18–46–0 (22 % NH_3)
Alimentaire	53,5 % P_2O_5, 25,4 % NH_3	61,5 % P_2O_5, 14,5 % NH_3	11–48–0 (13 % NH_3)
Alimentaire (animaux)	–	> 24 % phosphore	11–51–0 (13 % NH_3)

Dangers immédiats

Produit ininflammable. En cas d'incendie, peut dégager des vapeurs toxiques et irritantes d'ammoniac, des oxydes de phosphore et des oxydes d'azote.

Effets sur l'homme. – Ne présente pas de danger important en cas d'inhalation, de contact cutané ou d'ingestion.

Effets sur l'environnement. – Nocif pour le milieu aquatique à des teneurs élevées.

Données relatives aux propriétés physiques

	Hydrogéno-phosphate d'ammonium	Dihydrogéno-phosphate d'ammonium
État (15 °C, 1 atm)	Solide	Solide
Point de fusion	se décompose à 155 °C	190 °C
Inflammabilité	Ininflammable	
Densité relative (eau = 1)	1,619 (20 °C)	1,803 (19 °C)
Solubilité (dans l'eau) (20 °C)	69 g/100 g	38 g/100 g
Comportement (dans l'eau)	Coule et se mélange	
Seuil de perception par l'appareil olfactif	Inodore	

Dangers pour l'environnement

Dans l'eau, les phosphates d'ammonium agissent en tant que substances nutritives. Ils peuvent favoriser la croissance des algues et modifier l'équilibre des espèces du milieu aquatique. Ils ne présentent cependant aucun danger de bio-accumulation ou de contamination de la chaîne alimentaire.

Dangers pour l'homme

La TLV® et la teneur immédiatement dangereuse pour la vie ou la santé (IDLH) n'ont pas été établies.

Effets en cas d'inhalation. – Dihydrogénophosphate d'ammonium: Irritation des yeux, du nez et de la gorge, toux ou difficulté à respirer. Hydrogénophosphate d'ammonium: les vapeurs d'ammoniac pouvant se dégager en cas de décomposition du produit dans une enceinte fermée peuvent provoquer la toux, irriter les poumons, ou gêner la respiration.

Effets en cas de contact. – À l'état solide, peut être irritant pour les yeux et la peau.

Dispositions immédiates à prendre

• Déversement

Interdire l'accès au lieu où s'est produit l'accident.

Appeler les services d'incendie et avertir le fabricant.

Arrêter l'écoulement et confiner le produit déversé si cela ne présente pas de risque.

Éviter que les eaux polluées atteignent un égout ou un cours d'eau. Éviter tout contact avec le produit à l'état solide.

• Incendie

Les phosphates d'ammonium étant ininflammables, il n'y a aucun risque d'incendie.

Mesures d'intervention d'urgence

• Déversements sur le sol

Confiner le produit déversé au moyen de barrages. Recueillir le produit à la pelle et le déposer dans des contenants pouvant se fermer.

• Déversements dans l'eau

Contenir le produit déversé au moyen de barrages, d'un dispositif de dérivation des eaux ou de digues naturelles. Utiliser une pompe de dragage ou une pompe à vide pour la récupération du produit, des liquides et des dépôts de fond.

2 PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Propriétés physiques

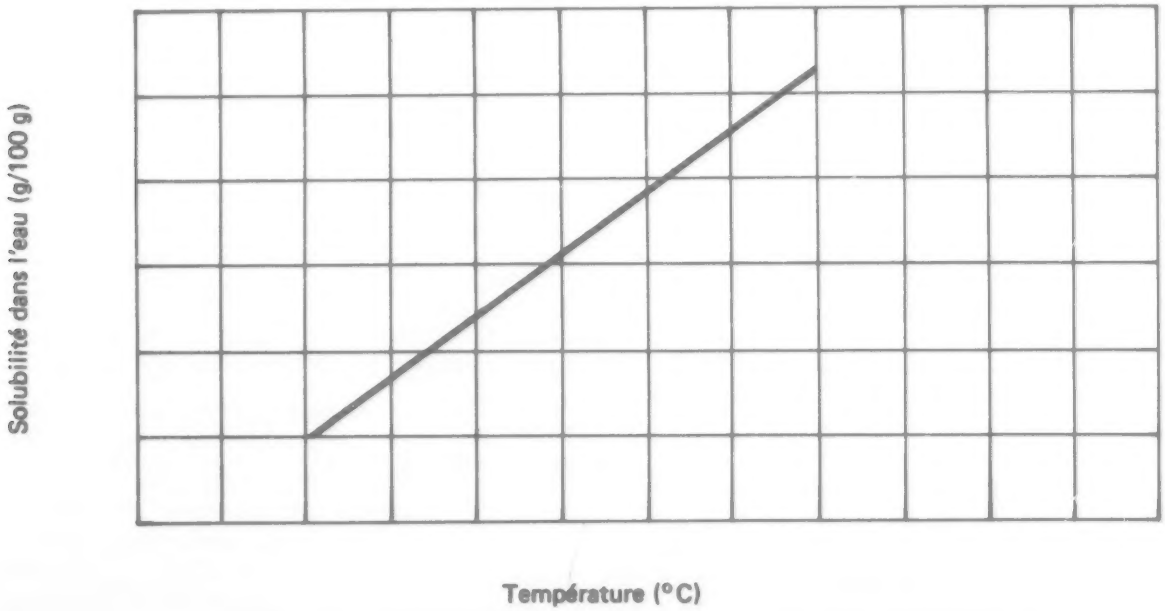
	Hydrogénophosphate d'ammonium	Dihydrogénophosphate d'ammonium
Aspect à l'état pur	Sel blanc, anhydre, cristallin (ERCO PDS, 1981b)	Sel blanc, anhydre, cristallin (ERCO PDS, 1981a)
Qualité pour engrais	Granules gris à brun si produit à partir des gisements de la Floride; granules verdâtres si produit à partir des gisements de l'Ouest (CCPA, 1982)	Granules verdâtres si produit à partir des gisements de l'Ouest; granules gris si produit des gisements de la Floride (CCPA, 1982)
État à l'expédition	Sel cristallin (ERCO PDS, 1981b)	Sel cristallin (ERCO PDS, 1981a)
État physique (15 °C; 1 atm)	Solide	Solide
Point de fusion	Se décompose à 155 °C avant de fondre (CRC, 1980)	190 °C (CRC, 1980)
Température de décomposition	155 °C (CRC, 1980)	–
Densités		
Masse volumique	990 kg/m^3 (ERCO PDS, 1981b)	990 kg/m^3 (ERCO PDS, 1981a)
Densité relative	1,619 (20 °C) (CRC, 1980)	1,803 (19 °C) (CRC, 1980)
Propriétés relatives à la combustion		
Inflammabilité	Ininflammable (ERCO PDS, 1981b)	Ininflammable (ERCO PDS, 1981a)
Produits de décomposition en cas d'incendie	Ammoniaque et acides orthophosphoriques; peuvent libérer des vapeurs d'ammoniac et des oxydes d'azote et de phosphore (U.S. DOL MSDS, 1979)	
Autres propriétés		
Masse molaire de la substance pure	132,05 (CRC, 1980)	115,03 (CRC, 1980)
Composition caractéristique de la qualité pour l'industrie alimentaire	53,5 % P_2O_5 25,4 % NH_3 0,3 % d'humidité (ERCO PDS, 1981b)	61,5 % P_2O_5 14,5 % NH_3 0,25 % d'humidité (ERCO PDS, 1981a)
Indice de réfraction	1,52 (CRC, 1980)	1,479 (CRC, 1980)
Chaleur de formation	– 1567 kJ/mol (25 °C) (Lange's Handbook, 1979)	– 1445 kJ/mol (25 °C) (Lange's Handbook, 1979)

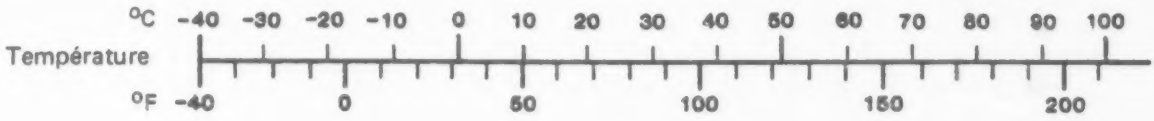
	Hydrogénophosphate d'ammonium	Dihydrogéno-phosphate d'ammonium
Capacité thermique molaire à pression constante	188 J/mol · °C (25 °C) (Lange's Handbook, 1979)	142 J/mol · °C (25 °C) (Lange's Handbook, 1979)
pH de la solution aqueuse	8,0 (solution 1 % à 20 °C) (ERCO PDS, 1981b)	4,5 (solution 1 %, à 20 °C) (ERCO PDS, 1981a)
Solubilité		
• dans l'eau	43 g/100 g (0 °C) 69 g/100 g (20 °C) 97 g/100 g (60 °C) (ERCO PDS, 1981b)	22 g/100 g (0 °C) 38 g/100 g (20 °C) 168 g/100 g (100 °C) (ERCO PDS, 1981a)
• dans d'autres produits d'usage courant	Insoluble dans l'éthanol, l'acétone et l'ammoniaque (CRC, 1980)	Insoluble dans l'acétone (CRC, 1980)

Figure 1

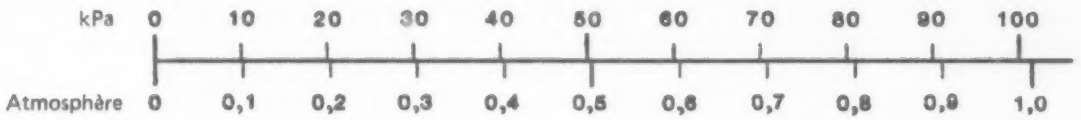
HYDROGÉNOPHOSPHATE D'AMMONIUM

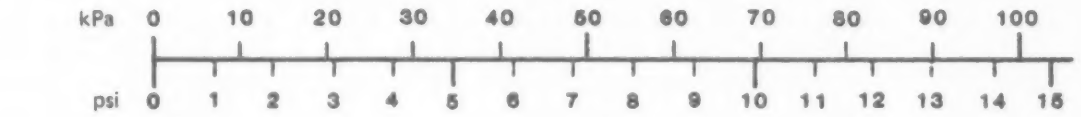
SOLUBILITÉ DANS L'EAU EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

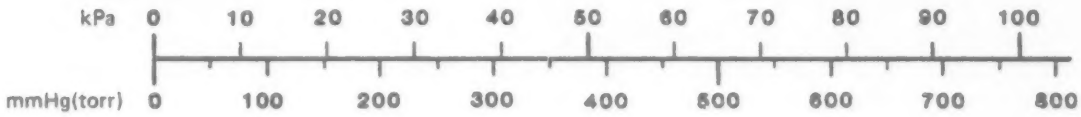




Pression 1 kPa = 1 000 Pa







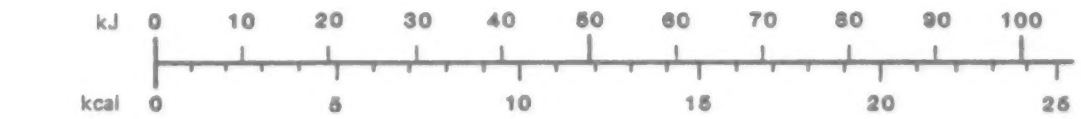
Viscosité

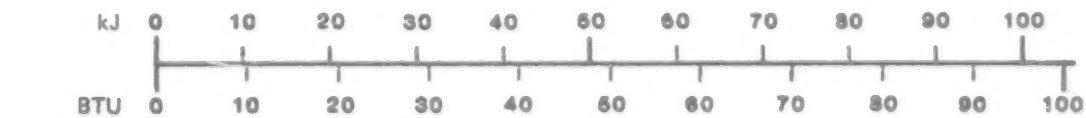
Dynamique 1 Pa·s = 1 000 centipoises (cP)

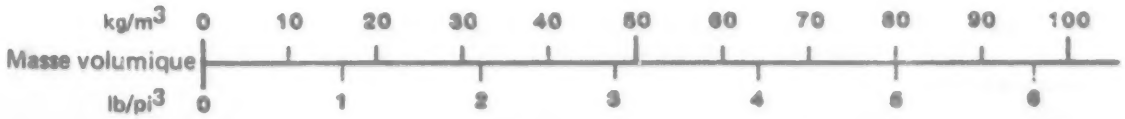
Cinématique 1 m^2/s = 1 000 000 centistokes (cSt)

Teneur (de l'eau)
1 ppm ≅ 1 mg/l

Énergie (chaleur) 1 kJ = 1 000 J







3 PRODUCTION, TRANSPORT ET COMMERCE

3.1 Qualités et teneurs

3.1.1 Hydrogénophosphate d'ammonium. – L'hydrogénophosphate d'ammonium anhydre se présente sous la forme de granules blancs, et dans les qualités pour engrais, en granules allant du gris au brun ou en granules verdâtres selon la provenance du minéral. Les qualités pour engrais représentent une partie importante de l'hydrogénophosphate d'ammonium transporté.

La qualité commerciale se présente sous forme de granules pouvant passer aisément à travers un tamis de 100 mailles au pouce. Elle doit contenir au moins 53,0 p. 100 de P_2O_5 et 25,0 p. 100 de NH_3 (Stauffer IDS, 1981). La qualité destinée à l'industrie alimentaire est sous forme cristalline et contient au minimum 53,5 p. 100 de P_2O_5 et 25,4 p. 100 de NH_3 (ERCO PDS, 1981b).

3.1.2 Dihydrogénophosphate d'ammonium. – Le dihydrogénophosphate d'ammonium est un solide blanc, granulé ou en poudre et peut s'obtenir dans les qualités commerciales, pour engrais, pour l'industrie alimentaire et l'industrie de la nourriture pour animaux (Stauffer IDS, 1979; IMC, 1976; ERCO PDS, 1981a). La qualité commerciale vient soit sous forme de granules ou de poudre fluide, et contient au minimum 60 p. 100 de P_2O_5 et 14,5 p. 100 de NH_3 (Stauffer IDS, 1981). La qualité destinée à l'industrie alimentaire se présente sous une forme cristalline et contient au minimum 61,5 p. 100 de P_2O_5 et 14,5 p. 100 de NH_3 (ERCO PDS, 1981a). La qualité utilisée dans la nourriture pour animaux vient sous une forme granulée fluide et contient au moins 24 p. 100 de phosphore (IMC, 1976).

3.2 Fabricants situés au Canada

Le lecteur trouvera ci-dessous quelques adresses de sièges sociaux. À noter qu'elles ne sont pas fournies dans le but qu'on s'en serve comme premier recours en cas de déversement.

Belledune Fertilizer, Division of Canada Wire and Cable, 147 Laird Drive, Toronto (Ontario), M4G 3W1, (416) 421–0440
C-I-L Inc., 45 Sheppard Avenue East, Willowdale (Ontario), M2N 2Z9, (416) 226–6110
Cominco Ltd., 200 Granville Street, Vancouver (Colombie-Britannique), V6C 2R2, (604) 682–0611
Erco Industries Ltd., 2 Gibbs Road, Islington (Ontario), M9B 1R1, (416) 239–7111
Esso Chemical Canada, 2300 Yonge Street, Toronto (Ontario), M5W 1L3, (416) 488–6600
International Minerals & Chemical Corp. (Canada) Ltd. (IMC), B.P. 310 Esterhazy (Saskatchewan), S0A 0X0, (306) 745–3931
Sherritt Gordon Mines Ltd., B.P. 28, Commerce Court West, Toronto (Ontario), M5L 1B1, (416) 363–9241
Simplot Chemical B.P. 940, Brandon (Manitoba), R7A 6A1, (204) 728–5701
Western Co-operative Fertilizers, 11111 Barlow Trail S.E., B.P. 2500, Calgary (Alberta), T2P 2X1, (403) 279–4421

3.3 Autres fournisseurs* (Corpus, 1982)

Agricultural Chemicals, Highway 22, London (Ontario), (519) 471–6550
Cyanamid Canada Inc. 19400, Autoroute Transcanadienne, Baie d'Urfé (Québec), H9X 3N7, (514) 457- 2110
Coopérative Fédérée du Québec, 1055, Marché Central, Montréal (Québec), H4N 1K3, (514) 384–6450
United Co-operatives of Ontario, 151, City Centre Drive, Mississauga (Ontario), L5B 1M7, (416) 270–3560

* engrais seulement

3.4 Principaux centres de production

On trouve des fabricants de phosphates d'ammonium dans six des dix provinces du Canada. Les plus importantes installations de fabrication sont situées près de Fort Saskatchewan, près de Calgary, en Alberta, dans le centre du Nouveau-Brunswick, ainsi qu'à Kimberley et Trail, en Colombie-Britannique.

3.5 Volume de production (Corpus, 1982; PC, 1981)

Société	Ville	Province	Capacité nominale kilotonnes/an (1981)
Belledune Fertilizer	Belledune	Nouveau-Brunswick	272
C-I-L	Courtright	Ontario	170
Cominco	Trail	Colombie-Britannique	160
Cominco	Kimberley	Colombie-Britannique	175
Erco	Buckingham	Québec	5
Esso Chemical Canada*	Redwater	Alberta	430
Sherritt Gordon Mines	Ft. Saskatchewan	Alberta	123
Simplot Chemical	Brandon	Manitoba	145
Western Coop. Fertilizer	Calgary	Alberta	260
Western Coop. Fertilizer	Medicine Hat	Alberta	181
TOTAL			1921
Production nationale (1981)			1428
Importations (1981)			259,5
			1687,5

* Y compris les phosphates entrant dans les binaires azotés et phosphoriques

3.6 Fabrication industrielle

3.6.1 Informations générales. – On obtient l'hydrogénophosphate d'ammonium et le dihydrogénophosphate d'ammonium par neutralisation de l'acide phosphorique par l'ammoniac.

3.6.2 Matières premières. – Les matières premières nécessaires sont l'ammoniac et l'acide phosphorique obtenu par traitement à l'acide.

3.6.3 Procédé de fabrication. – Le procédé généralement employé pour la fabrication des qualités pour engrais consiste à mélanger de l'ammoniac avec 30 à 47 p. 100 d'acide phosphorique dans un réservoir de mélange ou un réacteur en continu. On obtient

$$NH_3 + H_3PO_4 \longrightarrow (NH_4)\,H_2PO_4$$

ou

$$2\,NH_3 + H_3PO_4 \longrightarrow (NH_4)\,HPO_4$$

selon la proportion d'ammoniac utilisé. La chaleur de réaction évapore une partie de l'eau de la charge acide. La bouillie d'hydrogénophosphate d'ammonium et de dihydrogénophosphate d'ammonium passe dans un moulin ou un tambour dans lequel des fines de lots précédents sont ajoutées afin de faciliter la formation de granules. La pâte obtenue est acheminée vers un séchoir rotatif puis elle est refroidie et tamisée. Le produit retenu par le tamis est broyé, mélangé avec des fines et recyclé pour aider la formation de granules lors des lots suivants (Sherritt).

3.7 Développement de l'industrie (Corpus, 1982)

Esso Chemical Canada agrandira sous peu ses installations de Redwater en Alberta afin d'accroître sa production de phosphates d'ammonium. La Sherritt Gordon Mines envisage l'agrandissement de son usine de Fort Saskatchewan en Alberta.

3.8 Principales utilisations au Canada

3.8.1 Dihydrogénophosphate d'ammonium. – S'utilise dans la préparation des engrais phosphatés, des ingrédients alimentaires, des peintures, comme réactif dans les bains de teinture, les extincteurs en poudre et l'ignifugation des tissus, du bois et du papier (ERCO PDS, 1981a).

3.8.2 Hydrogénophosphate d'ammonium. – S'utilise dans la préparation des engrais, des ingrédients alimentaires, des agents retardateurs de la propagation des flammes et des produits pharmaceutiques (ERCO PDS, 1981b).

3.9 Principaux acheteurs au Canada (Corpus, 1982; CBG, 1980)

Agricultural Chemicals, London (Ont.)
A & K Petro-Chem, Weston (Ont.)
Alberta Wheat Pool, Edmonton (Alta.)
Canada Colours, Toronto (Ont.)
Cargill Grain, Winnipeg (Man.)
Co-op Fédérée du Québec, Montréal (Québec)
Cyanamid Canada, Montréal (Québec)
Harrisons & Crosfield, Toronto (Ont.)
Kingsley & Keith, Toronto (Ont.)
Mallinckrodt, Pointe-Claire (Québec)
Manitoba Pool Elevators , Winnipeg (Man.)
Monsanto, Mississauga (Ont.)
Nitrochem, Maitland (Ont.)
Noranda, Toronto (Ont.)
Saskatchewan Wheat Pool, Régina (Sask.)
Swift Canadian, Toronto (Ont.)
United Co-operatives of Ontario, Mississauga (Ont.)
United Grain Growers, Régina (Sask.)

4 MANUTENTION DU PRODUIT ET COMPATIBILITÉ

4.1 Citernes et autres récipients d'expédition

4.1.1 Transport en vrac. – Les phosphates d'ammonium sont expédiés principalement par wagons-citernes et véhicules-citernes routiers. Les phosphates d'ammonium monobasique et dibasique s'expédient à l'état solide et parfois à l'état liquide.

4.1.1.1 Wagons. – À l'état granulé, les phosphates d'ammonium sont expédiés en sacs dans des wagons couverts. Pour l'expédition des phosphates d'ammonium en solution, on utilise surtout des wagons-citernes DOT/CCT* 111A60W5 et 111A60W1 (TCM, 1979). Le tableau 2 donne une description des citernes. Le modèle DOT/CCT 111A60W1 est illustré à la figure 2 et les spécifications sont données au tableau 3 (TCM, 1979). Le déchargement peut s'effectuer par le haut ou le bas, selon le modèle de wagon choisi.

Tableau 2
Spécifications relatives aux wagons-citernes

Numéros de spécifications DOT/CCT	Description
111A60W5	Citerne en acier soudé par fusion, sans dôme. Isolée ou non isolée. Revêtement intérieur de caoutchouc. Volume libre pas inférieur à 2 p. 100. Indicateur de niveau. Organes de déchargement par le haut exigés. Évent de sécurité réglé à 414 kPa (60 psi). Organes de déchargement par le bas ou orifice de purge par le bas interdits.
111A60W1	Idem à 111A60W5 sauf que la citerne n'est pas garnie de caoutchouc. Déchargement par le haut ou par le bas.
111A60W1 (IL)	Idem que 111A60W1. La citerne a un revêtement intérieur.

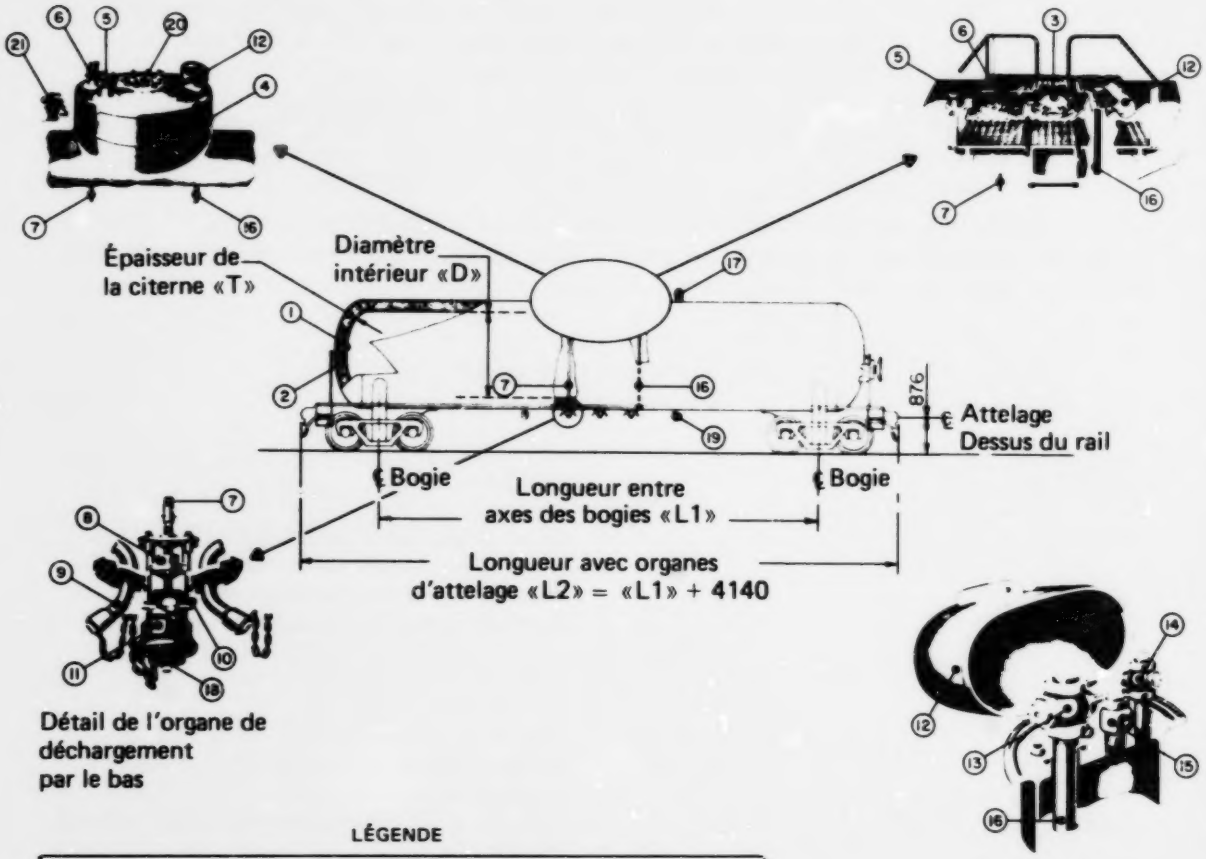
4.1.2 Autres contenants d'expédition. – Les phosphates d'ammonium s'expédient également dans des sacs de papier, à raison de 20, 40 ou 45 kg net par sac pour les formes granulées, et 20, 23 ou 40 kg net, pour le phosphate en poudre, c.-à-d. passant à travers un tamis de 100 mailles au pouce (Stauffer MSDS, 1981).

4.2 Déchargement

4.2.1 Matériel et procédés de déchargement. – Le déchargement des wagons et véhicules-citernes routiers utilisés pour le transport des phosphates d'ammonium à l'état solide s'opère de la même façon. On se sert du matériel normalement utilisé pour la manutention des solides, par exemple camion à chargement avant, transporteur à courroie, trémies, etc. (PC, 1982).

Le déchargement *par le haut* des phosphates d'ammonium à l'état liquide se fait avec une pompe. Le déchargement *par le bas* se fait au moyen d'une pompe ou par gravité. En cas de déchargement par le haut, le tuyau d'aspiration de la pompe ou le tuyau de déchargement, de

* Department of Transportation (U.S.) et Commission canadienne des transports



Détail de l'organe de déchargement par le bas

Détail de l'organe de déchargement par le haut

LÉGENDE

Pièce n°	Qté	Dimensions	Description
1	1	–	Corps du réservoir
* 2	–	–	Calorifugeage
* 3	1	–	Capot de protection du trou d'homme sans dôme
* 4	1	–	Dôme
5	1	–	Soupape de sûreté
* 6	1 à 3	–	Presse étoupe
* 7	1 à 3	–	Tige de commande
* 8	1 à 3	150	Obturateur intérieur
* 9	1 à 3	25	Raccord d'entrée de vapeur
* 10	1 à 3	150	Prolongement de la buse de déchargement
* 11	1 à 3	–	Capuchon
* 12	1	–	Capot protecteur
* 13	1	50	Robinet de déchargement par le haut
* 14	1	25	Raccord d'arrivée d'air
* 15	1	–	Reniflard
* 16	1	50	Tubulure de déchargement
* 17	1	–	Indicateur de niveau
* 18	1 à 3	50	Bouchon mâle
* 19	2	25	Raccord et robinet du serpentin à vapeur
* 20	1	–	Capot de protection du trou d'homme à DSME
* 21	1	50	Ensemble évent de sécurité

REMARQUES

1. Toutes les dimensions sont en mm
2. Ce schéma n'est valable que pour les wagons de chemin de fer listés dans le tableau 2 et correspond aux spécifications sur les matières transportées, la capacité, la masse et les dimensions (indiquées par lettres)
3. Le nombre de raccords pour déchargement par le bas varie de 1 à 3 selon la matière transportée. Voir tableau 2
4. Les organes de déchargement par le bas peuvent être équipés à l'extrémité soit d'un robinet-vanne, d'une bride pleine boulonnée ou d'un couvercle vissé. Voir tableau 2
5. «*» signale les pièces facultatives. Voir tableau 2

Tableau 3
Spécifications relatives aux wagons-citernes -- classe 111A60W1
(TMC, 1979; RTDCR, 1974)

Description	Capacité nominale		
	75 700 l (16 700 gal)	78 000 l (17 200 gal)	90 900 l (20 000 gal)
Tare	33 900 kg (74 400 lb)	33 900 kg (74 700 lb)	38 900 kg (85 800 lb)
Masse brute max.	119 000 kg (262 000 lb)	83 500 kg (184 000 lb)	119 000 kg (262 000 lb)
Citerne			
Matériau	Acier	Acier	Acier
Épaisseur	11,1 mm (7/16 po)	11,1 mm (7/16 po)	11,1 mm (7/16 po)
Diamètre intérieur	2,60 m (102 po)	2,62 m (103 po)	2,74 m (108 po)
Pression d'essai	414 kPa (60 psi)	414 kPa (60 psi)	414 kPa (60 psi)
Pression de rupture	1640 kPa (238 psi)	1640 kPa (238 psi)	1640 kPa (238 psi)
Dimensions (approx.)			
Longueur avec organes d'attelage	17 m (56 pi)	17 m (56 pi)	18 m (59 pi)
Longueur d'une plaque de choc à l'autre	16 m (53 pi)	16 m (53 pi)	17 m (56 pi)
Longueur entre axes de bogie	13 m (43 pi)	13 m (43 pi)	14 m (46 pi)
Hauteur au sommet du caillebotis	4 m (13 pi)	4 m (13 pi)	4 m (13 pi)
Hauteur hors-tout	5 m (16 pi)	5 m (16 pi)	5 m (16 pi)
Largeur hors-tout (avec poignées)	3,2 m (126 po)	3,2 m (126 po)	3,2 m (126 po)
Longueur du caillebotis	2–3 m (7–10 pi)	2–3 m (7–10 pi)	2–3 m (7–10 pi)
Largeur du caillebotis	1,5–2 m (5–7 pi)	1,5–2 m (5–7 pi)	1,5–2 m (5–7 pi)
Dispositifs de chargement/déchargement			
• déchargement par le haut			
Raccord de déchargement	51 mm (2 po)	51 mm (2 po)	51 mm (2 po)
Trou d'homme/ orifice de remplissage	203–356 mm (8–14 po)	203–356 mm (8–14 po)	203–356 mm (8–14 po)
Raccord d'arrivée d'air	25–51 mm (1–2 po)	25–51 mm (1–2 po)	25–51 mm (1–2 po)
• déchargement par le bas			
Orifice de déchargement	102–152 mm (4–6 po)	102–152 mm (4–6 po)	102–152 mm (4–6 po)
Dispositifs de sécurité	Évent ou soupape de sécurité	Évent ou soupape de sécurité	Évent ou soupape de sécurité
Dôme	Aucun	Aucun	Aucun
Calorifugeage	Facultatif	Facultatif	Facultatif

52 mm (6 po) est raccordé à la vanne de déchargement qui se trouve sur le dessus de la citerne; pour le déchargement par le bas, le tuyau d'aspiration, muni du cône de réduction, est raccordé à l'un des orifices de déchargement par le bas, de 152 mm, après quoi l'obturateur interne est ouvert en actionnant la manette de la tige de commande, située sur le dessus de la citerne. Le déchargement par le bas peut s'effectuer par gravité directement dans un réservoir de stockage (PC, 1982).

4.2.2 Matériaux de fabrication des organes de déchargement. – Pour les phosphates d'ammonium anhydres, aussi bien monobasique que dibasique, les matériaux sont ceux couramment utilisés pour la construction d'installations de fabrication et d entreposage. Pour les solutions de phosphates d'ammonium, on recommande l'acier inoxydable (Stauffer MSDS, 1981).

Il faut utiliser des conduites n° 40, avec joints à brides. Les raccords seront en acier inoxydable moulé. Les parties souples des organes de déchargement peuvent être construites soit avec des éléments standards et des coudes, soit avec du tuyau flexible en caoutchouc naturel. Les joints à soufflets conviennent aussi pour les parties souples de la conduite de déchargement (DOW PPS, 1972). Les robinets à membrane, en fonte ou en acier moulé, avec revêtement en polyéther chloré ou en chlorure de polyvinylidène sont adéquats (DOW PPS, 1972).

Il est recommandé d'utiliser des pompes centrifuges dont les parties immergées seront en acier inoxydable 304 ou 316 (HIS, 1969).

4.3 Compatibilité entre les phosphates d'ammonium et certains matériaux

La compatibilité entre les phosphates d'ammonium et certains matériaux de construction est indiquée au tableau 4. Le système d'évaluation est décrit brièvement ci-après.

Recommandé:	Le matériau donnera un rendement satisfaisant avec l'application indiquée.
Avec réserves:	Le matériau montrera des signes de détérioration avec l'application indiquée; peut convenir pour un usage intermittent ou pour un service de courte durée.
Déconseillé:	L'application indiquée causera une grave détérioration du matériau; son usage est donc déconseillé.

Tableau 4
Compatibilité entre les phosphates d'ammonium et certains matériaux de fabrication

Éléments	Forme du produit chimique	Temp. (°C)	Matériaux de construction		
			Recommandé	Réserves	Déconseillé
1. Conduites et raccords	Toutes les formes	60	Chlorure de polyvinyle I Chlorure de polyvinyle II (DPPED, 1967)		
		66	Chlorure de polyvinylidène, (DCRG, 1978)		
		79	Polypropylène (DCRG. 1978)		
		121	Polyéther chloré (DCRG 1978)		
		135	Fluorure de polyvinylidène		
		jusqu'à la limite permise pour le matériau	Chlorure de polyvinyle I Plastique à base d'acrylonitrile-butadiène-styrène Polyéthylène (MWPP, 1978)		
2. Soupapes	Toutes les formes	Ébullition	Acier inoxydable 316 Acier inoxydable «20» (JSSV. 1979)		
3. Pompes	(Dibasique, monobasique 65 %)	66	Vinyle estérique renforcé à la fibre de verre avec joint torique en caoutchouc fluoré		
	Dibasique, solutions aqueuses		Fer Acier inoxydable 304 Acier inoxydable 316 Monel (HIS, 1969)		

Éléments	Forme du produit chimique	Temp. (°C)	Matériaux de construction		
			Recommandé	Réserves	Déconseillé
4. Autres	5 %	20	Acier inoxydable 302 Acier inoxydable 304 Acier inoxydable 316 Acier inoxydable 430 (ASS)	Acier inoxyable 410 (ASS)	
	Saturé	20	Acier inoxydable 302 Acier inoxydable 304 Acier inoxydable 316 Acier inoxydable 430		
	Toutes les formes	60	Chlorure de polyvinyle non plastifié Polyéthylène Polypropylène Polyoxyméthylène Caoutchouc naturel* Caoutchouc butadiène-acrylonitrile (Nitrile, Buna N) Caoutchouc butyle (isobutylène/isoprène Copolymère éthylène-propylène Polychloroprène (Néoprène) Caoutchouc fluoré (Viton) Polyéthylène chlorosulfoné (Hypalon) (GF)		
		60	Chlorure de polyvinyle (TPS 1978)		
		82	Polypropylène (TPS, 1978)		
		85	Chlorure de polyvinyle chloré (TPS, 1978)		

		Styrène/butadiène (GR 5, Buna S) Polychloroprène (Néoprène)	Caoutchouc naturel (GPP)
		Caoutchouc butadiène-acrylonitrile (Nitrile, Buna N) Caoutchouc butyle Polyéthylène chlorosulfoné (Hypalon) Copolymère éthylène-propylène (GPP)	
10 % à solide	24 à 100	Verre (CDS. 1967)	
20 %, 30 %	24	Verre (CDS 1967)	
Solide	24	Béton (CDS. 1967)	

* Une cote inférieure a été attribuée dans un autre ouvrage de référence

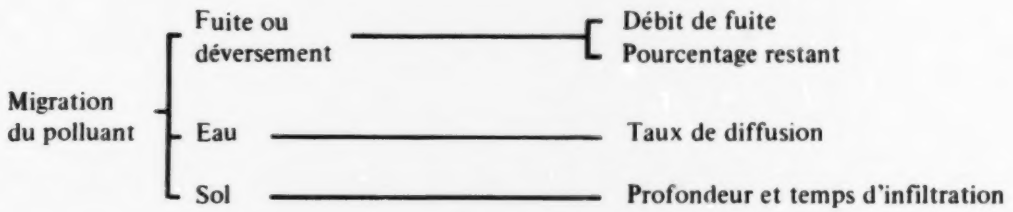
5 FUITE ET MIGRATION DU PRODUIT

5.1 Aperçu général

Les phosphates d'ammonium sont transportés à l'état granulaire ou cristallisé, pour les formes solides, ou à l'état de solutions aqueuses. Si déversé dans l'eau, ils se dissoudront très rapidement quelle que soit la forme en cause. En cas de déversement sur le sol, les solutions aqueuses se répandront à la surface du sol et pénétreront dans ce dernier à une vitesse qui dépendra du type de sol et de sa teneur en eau. Des problèmes sur le plan de l'environnement peuvent survenir advenant l'infiltration de phosphates d'ammonium dans la nappe phréatique.

Comme les phosphates d'ammonium ne sont pas volatils, il n'y a pas à craindre de dispersion dans l'atmosphère.

En cas de migration du produit dans l'eau ou dans le sol, les facteurs suivants seront pris en considération :



À cause du caractère approximatif des calculs dans le domaine de la migration des polluants la méthode adoptée consiste à utiliser des estimations prudentes des paramètres critiques dans le but d'établir des prévisions qui reflètent le plus fidèlement possible les pires scénarios. En suivant cette méthode, il se peut que l'on doive poser des hypothèses différentes pour chaque milieu. Cette méthode permet donc de comparer le comportement de différents produits chimiques dans les pires scénarios à partir d'hypothèses compatibles avec chaque milieu.

5.2 Fuite du produit

5.2.1 Introduction. – Les phosphates d'ammonium à l'état liquide sont transportés dans des wagons-citernes. La capacité de ces wagons pouvant varier considérablement, un modèle a été choisi pour établir les nomogrammes de fuite. Le modèle retenu mesure 2,75 m de diamètre, 13,4 m de longueur, et peut contenir environ 80 000 l de liquide. En cas de perforation dans le bas de la citerne, le liquide s'écoulera sous l'action de la pesanteur. Grâce aux nomogrammes, on pourra calculer la quantité de liquide restant dans la citerne ainsi que le débit de fuite du liquide à mesure que le temps passe. Comme les citernes ne sont pas sous pression supérieure à la pression atmosphérique et que le produit est peu volatil, aucun nomogramme n'a été élaboré pour la fuite éventuelle de vapeurs par un orifice qui serait situé dans le haut de la citerne.

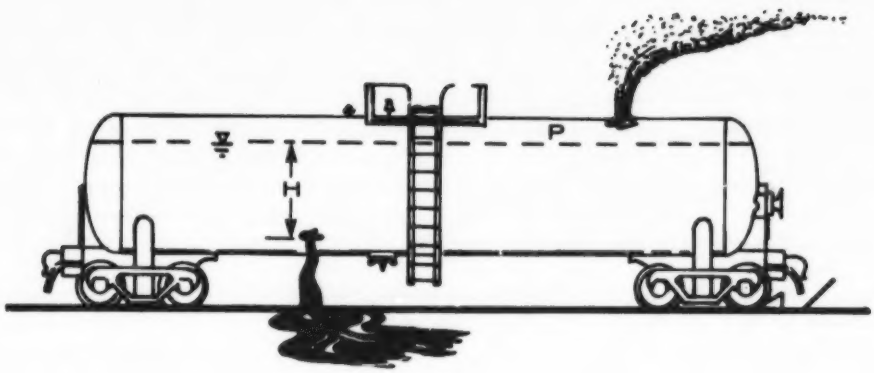


FIGURE 3 WAGON-CITERNE PERFORÉ DANS LE BAS

Le débit de fuite (q_f) par un orifice situé dans le bas d'un wagon-citerne se calcule au moyen de l'équation de l'orifice standard (Streeter, 1971). Le débit de fuite est fonction de la section (s) et de la forme de l'orifice, de la hauteur (h) du liquide au-dessus de l'orifice et du coefficient de débit (Cq). Un coefficient de débit constant de 0,8 a été supposé pour préparer les nomogrammes.

5.2.2 Nomogrammes de fuites

5.2.2.1 Pourcentage de liquide restant en fonction du temps. – La figure 4 permet d'évaluer le pourcentage de liquide restant dans un wagon-citerne en fonction du temps écoulé depuis le moment du bris et en fonction d'un certain nombre de diamètres de l'orifice. Les diamètres considérés sont des diamètres équivalents et valent pour des orifices de toutes formes.

On suppose que le wagon-citerne type (2,75 m de diamètre, 13,4 m de longueur, capacité de 80 000 l) était plein au moment du bris. À noter que le volume de liquide restant, après un temps d'écoulement donné (t), n'est pas seulement fonction du débit de fuite mais aussi de la taille et de la forme du wagon-citerne.

5.2.2.2 Débit de fuite en fonction du temps d'écoulement. – La figure 5 permet d'évaluer à n'importe quel moment le débit instantané de fuite après un temps d'écoulement donné (t), en fonction de diamètres équivalents donnés. Le nomogramme ne vaut que pour un wagon-citerne dont le contenu initial est de 80 000 litres.

Figure 4

PHOSPHATES D'AMMONIUM

POURCENTAGE DE LIQUIDE RESTANT/TEMPS D'ÉCOULEMENT

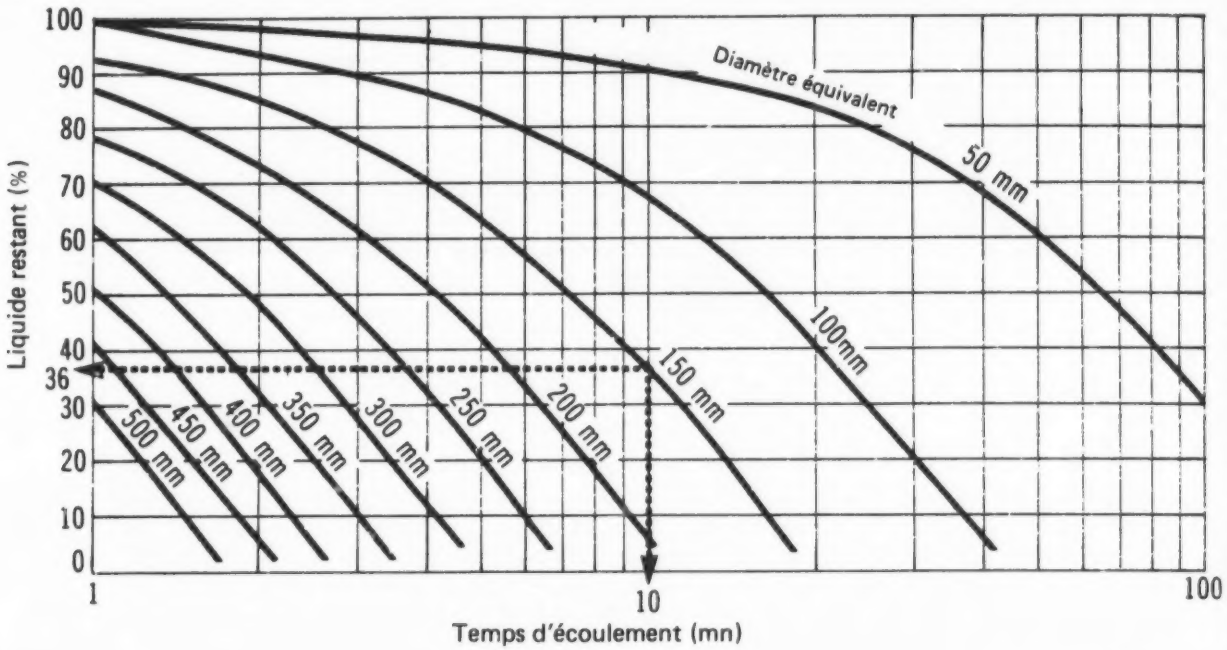
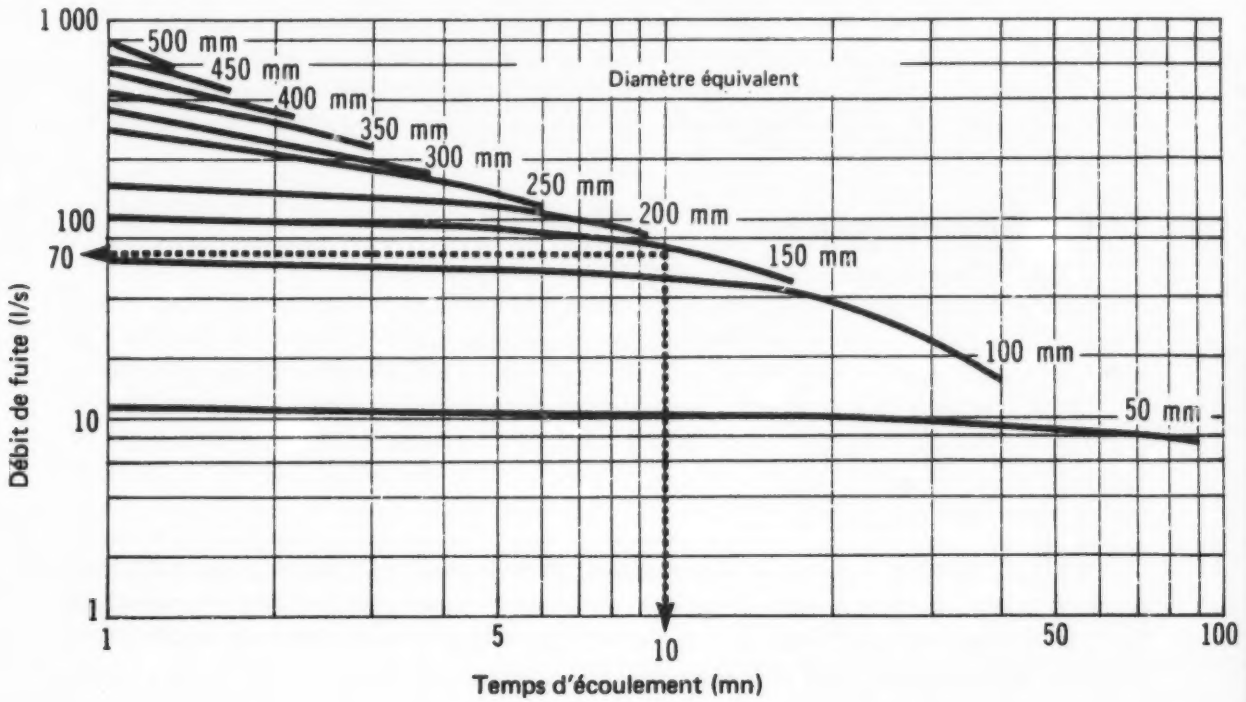


Figure 5

PHOSPHATES D'AMMONIUM

DÉBIT DE FUITE/TEMPS D'ÉCOULEMENT



5.2.3 Exemples de calcul

PROBLÈME A

Il y a eu bris d'un wagon-citerne type (diamètre de 2,75 m et longueur de 13,4 m) rempli. L'orifice est situé dans le bas de la citerne. Son diamètre équivalent est de 150 mm. Quel pourcentage du volume initial de 80 000 l représente le volume de liquide restant après 10 minutes? Solution (voir figure 4) : si t = 10 mn et ϕ = 150 mm, le volume de liquide restant représente 36 p. 100 (soit 28 000 l) du volume initial.

PROBLÈME B

Les données du problème B étant les mêmes que celles du problème A, quel est le débit instantané après 10 minutes d'écoulement? Solution (voir figure 5): si t = 10 mm et ϕ = 150 mm, le débit instantané (q) = 70 l/s.

5.3 Diffusion dans l'atmosphère

Comme les phosphates d'ammonium sont des produits non volatils, ils ne présentent aucun risque notable de diffusion dans l'atmosphère, dans les déversements accidentels envisageables.

5.4 Comportement dans l'eau

5.4.1 Introduction. – Lorsque les phosphates d'ammonium sont déversés dans l'eau, ils se mélangent rapidement avec celle-ci. En général, le phénomène de mélange peut être décrit par les équations de diffusion classiques, comportant un ou plusieurs coefficients de diffusion. Dans les rivières, le mélange est surtout le résultat d'un écoulement turbulent, alors que dans un plan d'eau calme, il s'effectue par diffusion moléculaire.

Pour évaluer la teneur en polluant de l'eau d'une rivière en aval d'un lieu de déversement, les auteurs ont utilisé un modèle de diffusion turbulente. Ce modèle s'applique aux liquides miscibles dans l'eau, de densité équivalente à celle de l'eau, et aux solides qui se dissolvent dans l'eau. Comme la densité relative des phosphates d'ammonium est supérieure à celle de l'eau, la teneur maximale devrait être observée près du fond.

Le modèle utilisé est unidimensionnel; il établit un canal rectangulaire théorique et suppose une teneur uniforme en polluant dans toute section donnée de l'écoulement (section mouillée). En pratique, une telle uniformité n'est possible qu'en des points situés assez loin en aval du lieu du déversement, là où les mécanismes de mélange et de dilution ont joué suffisamment pour produire une répartition égale du polluant à travers le canal. Le modèle s'applique aux rivières dont le rapport largeur/profondeur est inférieur à 100. Il postule également un coefficient de rugosité de Manning de 0,03. (Pour plus de détails au sujet de ce modèle, voir le Manuel d'introduction Enviroguide.

En ce qui a trait à la diffusion moléculaire dans une étendue d'eau calme, aucun modèle n'a été élaboré. Les auteurs ont établi des nomogrammes permettant de délimiter la zone dangereuse et de calculer la teneur moyenne dans cette zone en fonction de la masse de liquide déversé, indépendamment du temps écoulé.

5.4.2 Nomogrammes de diffusion du polluant dans l'eau. – Le lecteur trouvera ci-dessous la liste des nomogrammes servant à déterminer les teneurs en polluant dans les rivières non soumises aux marées et dans les étendues d'eau calme.

A. – Rivières non soumises aux marées

Figure 7 Distance en fonction du temps pour une plage de vitesses moyennes de l'écoulement

Figure 8 Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal pour une plage de profondeurs du canal (hauteurs d'eau)

Figure 9 Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique pour une plage de vitesses moyennes de l'écoulement

Figure 10 Alpha* en fonction du coefficient de diffusion turbulente pour différentes valeurs de temps écoulé

Figure 11 Delta* en fonction de alpha pour différentes masses de liquide déversé

Figure 12 Teneur maximale en fonction de delta pour des sections mouillées de différentes surfaces

B. – Étendues d'eau calme ou lacs (au repos)

Figure 13 Volume d'eau en fonction du rayon de la zone dangereuse pour différentes profondeurs du lac (hauteurs d'eau)

Figure 14 Teneur moyenne en fonction du volume d'eau de la zone dangereuse pour différentes masses de liquide déversé

La figure 6 présente les étapes à suivre pour évaluer la teneur en un point en aval après un déversement et indique les nomogrammes à utiliser; ces derniers sont expliqués dans les paragraphes qui suivent.

5.4.2.1 Diffusion dans les rivières non soumises aux marées

Figure 7 Distance en fonction du temps. – Le graphique montre les relations entre la vitesse moyenne de l'écoulement, le temps écoulé et la distance parcourue. Pour une vitesse moyenne de l'écoulement (V) donnée, le temps (t) que met le polluant pour atteindre un point situé à une distance donnée (x) en aval du lieu du déversement peut être obtenu rapidement à l'aide de ce graphique.

Figure 8 Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal. – Le modèle choisi pour évaluer la teneur en polluant en aval du lieu du déversement comporte un canal rectangulaire théorique de largeur (L), ayant une hauteur d'eau (h). Le rayon hydraulique (r) doit être connu pour calculer le coefficient de diffusion turbulente (E). Le rayon hydraulique lui-même correspond au rapport de la surface de la section (s) mouillée (ou section de l'écoulement) au périmètre mouillé (B). La figure 8 permet de déterminer le rayon hydraulique d'un canal à partir de la largeur de ce dernier et de la hauteur d'eau.

Figure 9 Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique. - Les données connues sur le rayon hydraulique (r) et sur la vitesse moyenne de l'écoulement (V) permettent de déterminer le coefficient de diffusion turbulente (E).

Figure 10 Alpha en fonction du coefficient de diffusion turbulente. – Le nomogramme permet d'obtenir le facteur de conversion (α); ce dernier est fonction du coefficient de diffusion turbulente (E) et du temps (t) requis pour atteindre un point situé en aval du lieu du déversement.

Figure 11 Delta en fonction de alpha. – Un second facteur de conversion, delta (Δ), est requis pour évaluer la teneur en polluant en un point donné. Delta est fonction d'alpha et de la masse de liquide déversé.

---

* Alpha et delta ne sont que des facteurs de conversion: leur unité est de faciliter le calcul des teneurs en aval du lieu de déversement.

Figure 6

PHOSPHATES D'AMMONIUM

ÉTAPES À SUIVRE POUR CALCULER LA TENEUR EN POLLUANT DANS UNE RIVIÈRE NON SOUMISE AUX MARÉES

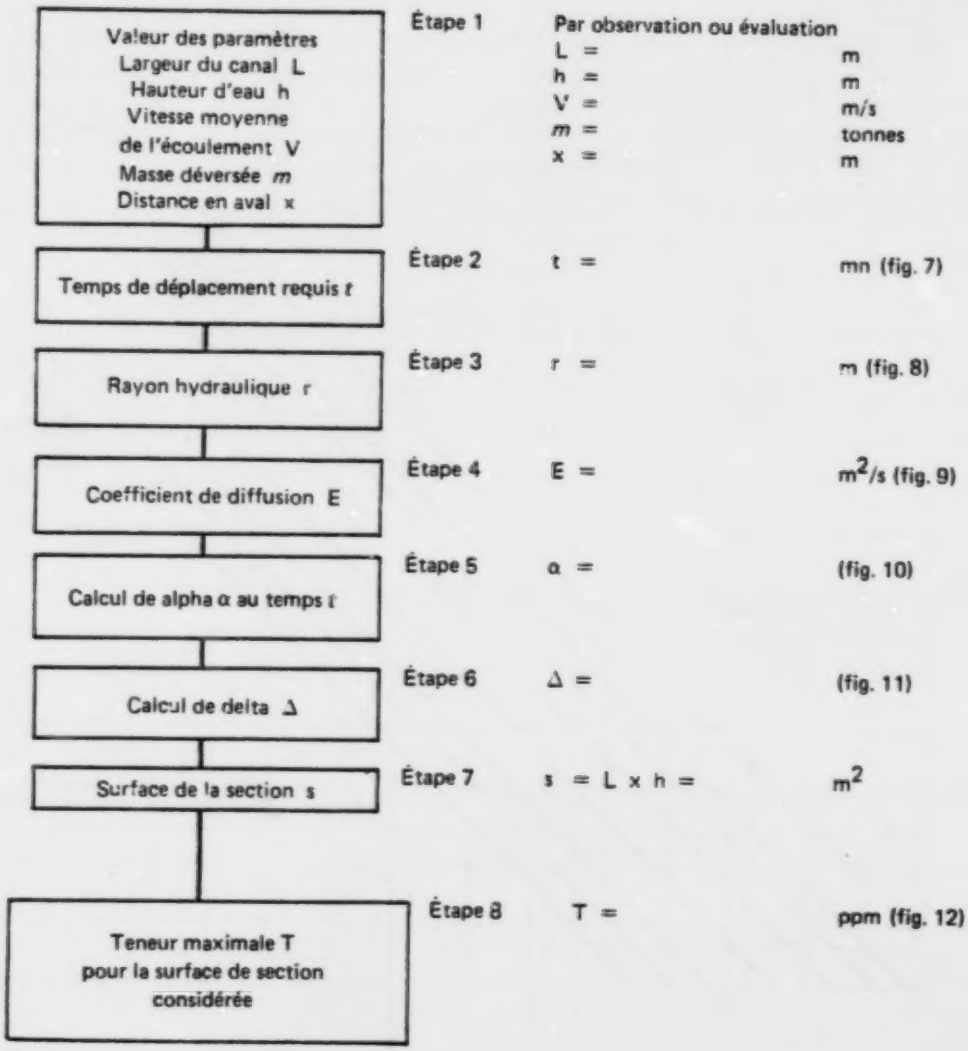


Figure 7

HYDROGÉNOPHOSPHATE D'AMMONIUM

DISTANCE
EN FONCTION DU TEMPS

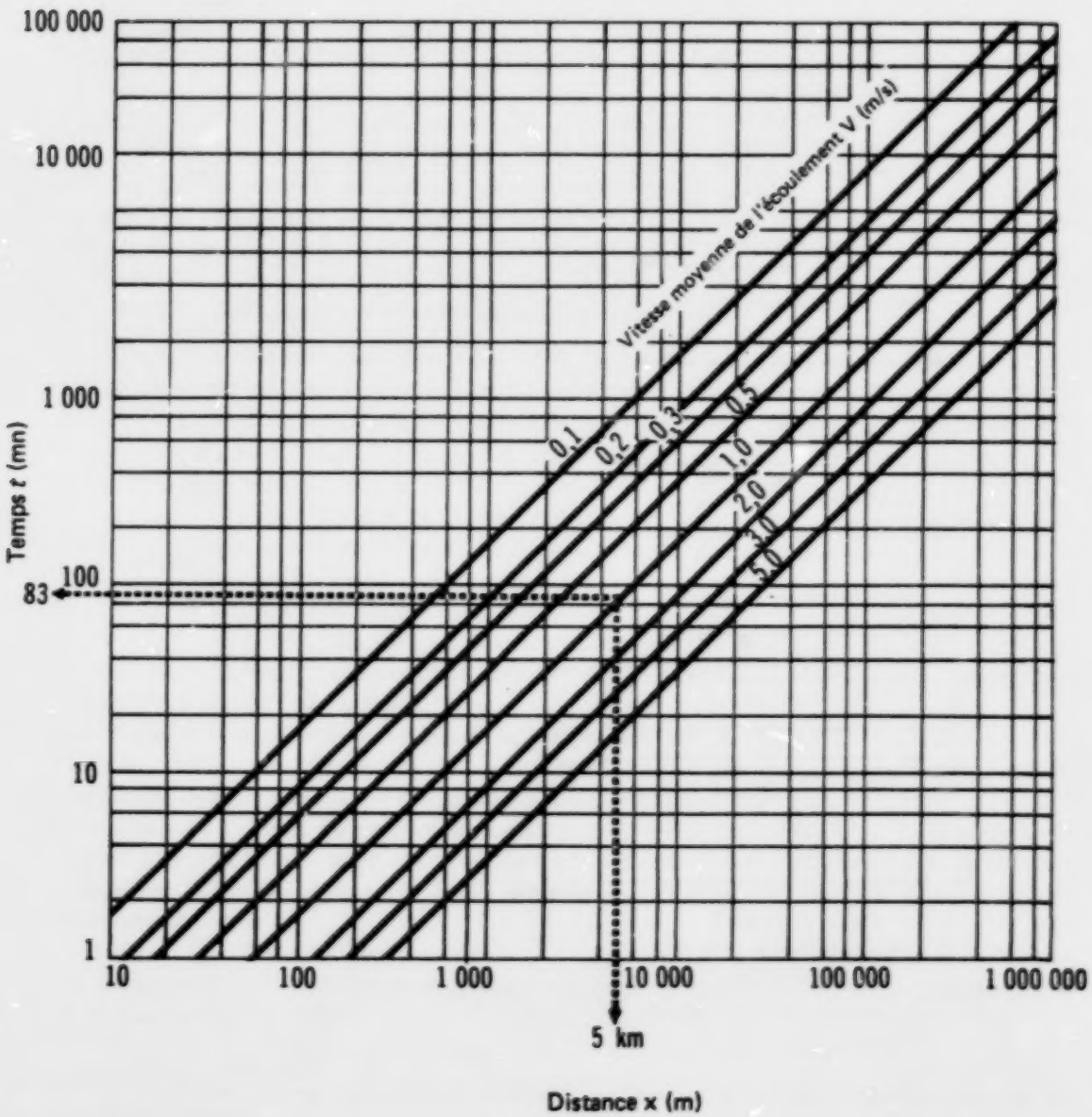


Figure 8

HYDROGÉNOPHOSPHATE D'AMMONIUM

RAYON HYDRAULIQUE EN FONCTION DE LA LARGEUR DU CANAL

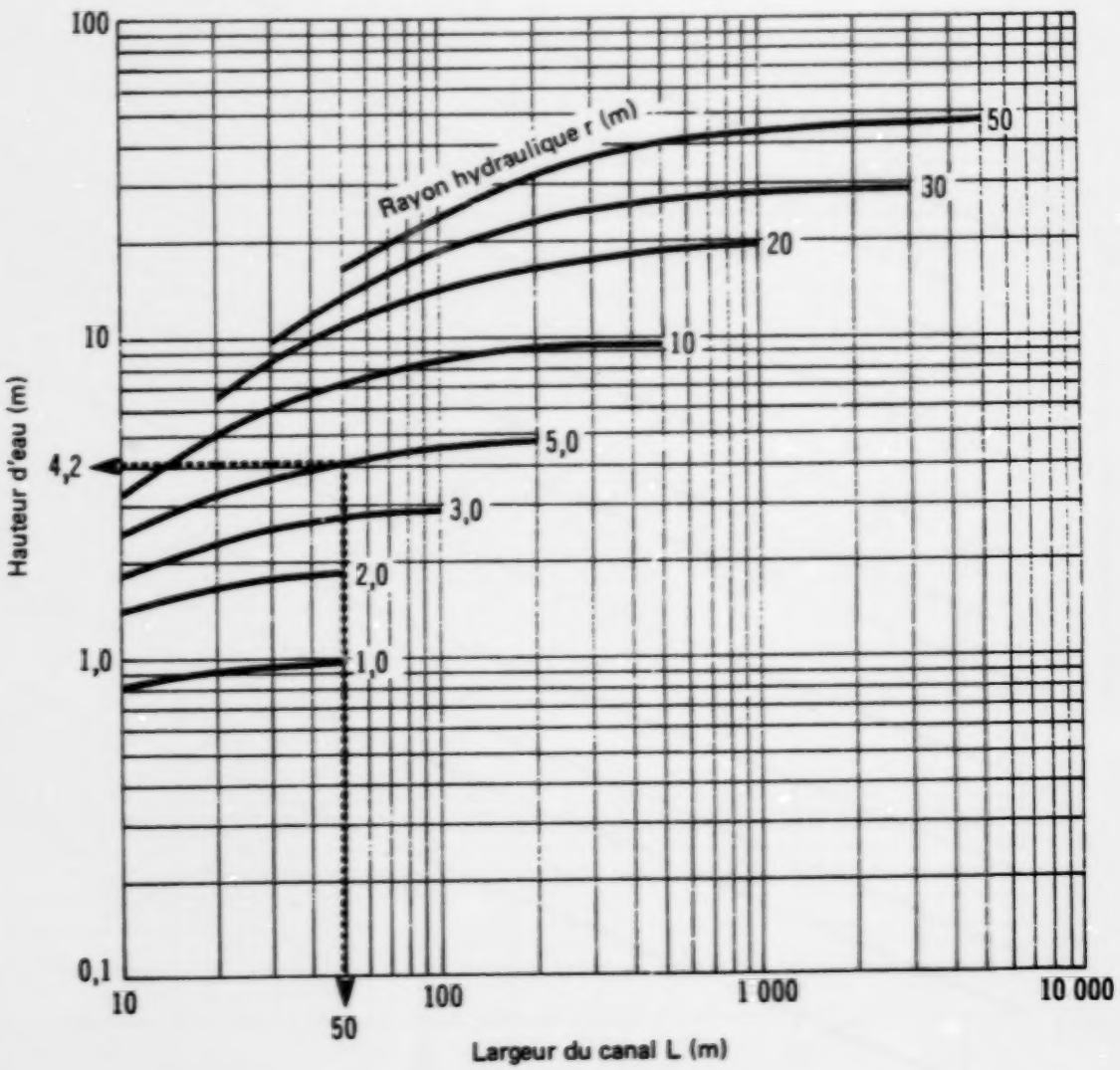


Figure 9

HYDROGÉNOPHOSPHATE D'AMMONIUM

COEFFICIENT DE DIFFUSION TURBULENTE EN FONCTION DU RAYON HYDRAULIQUE

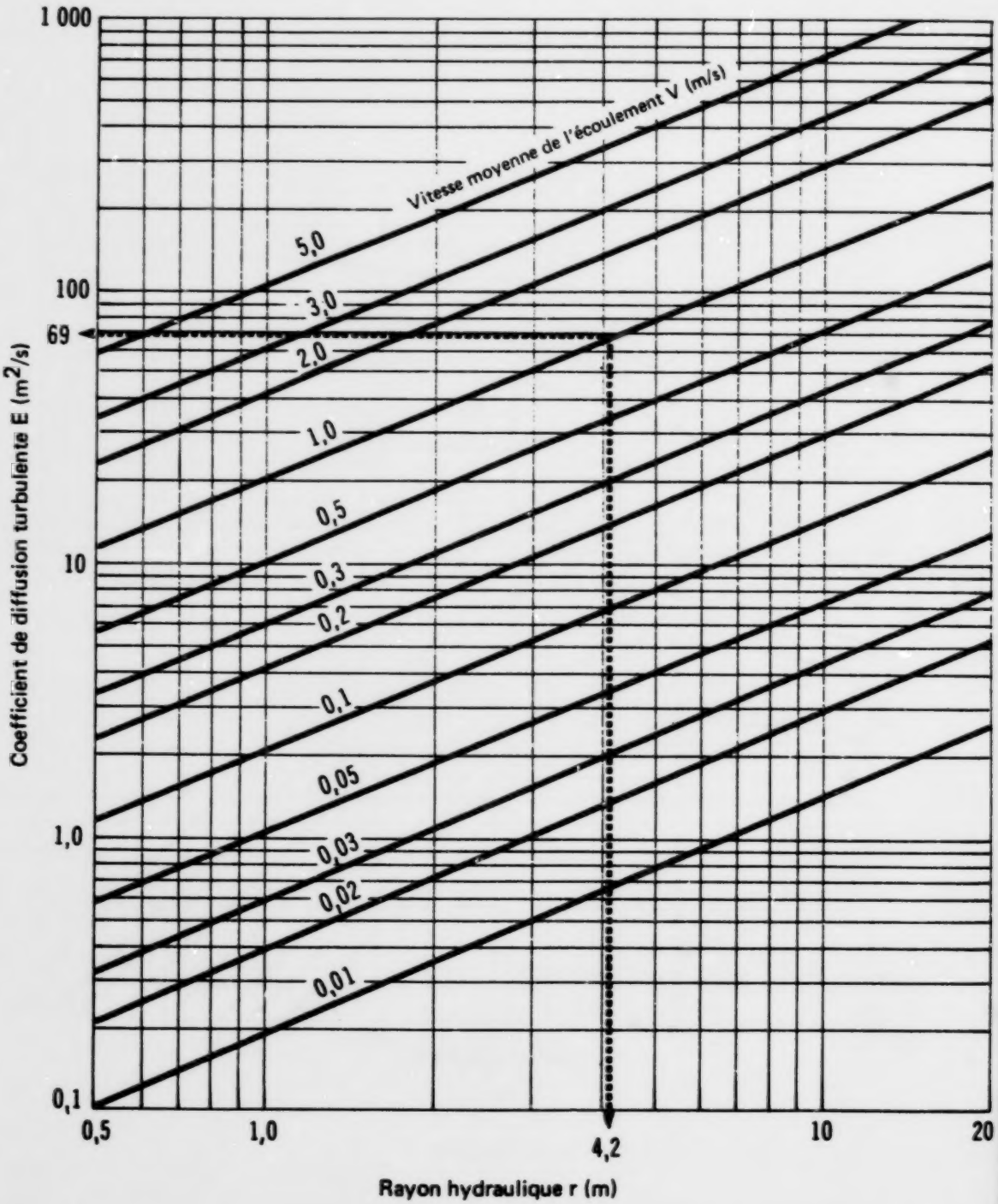


Figure 10

HYDROGÉNOPHOSPHATE D'AMMONIUM

ALPHA
EN FONCTION DU COEFFICIENT DE DIFFUSION TURBULENTE

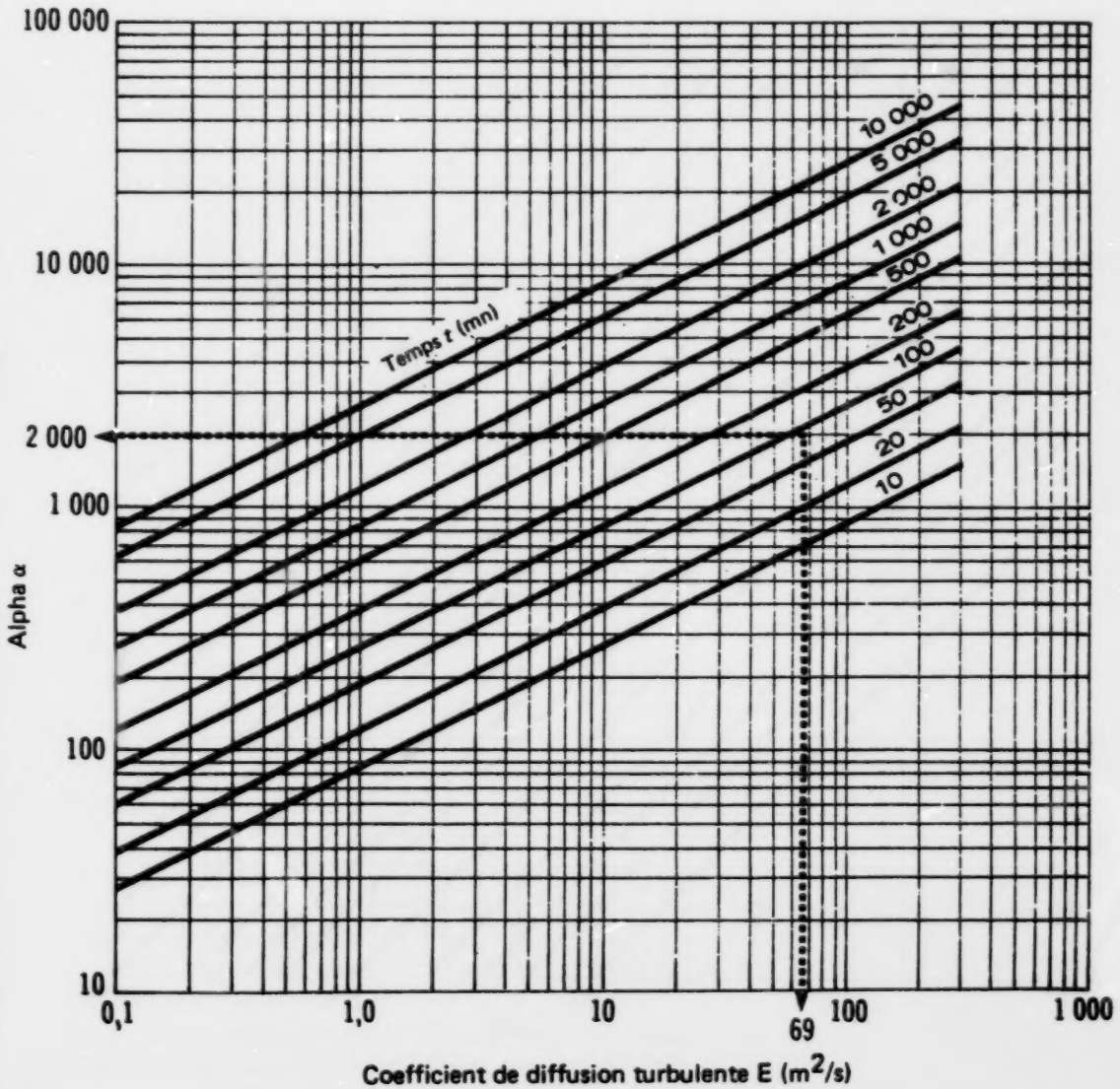


Figure 11

HYDROGÉNOPHOSPHATE D'AMMONIUM

DELTA
EN FONCTION DE ALPHA

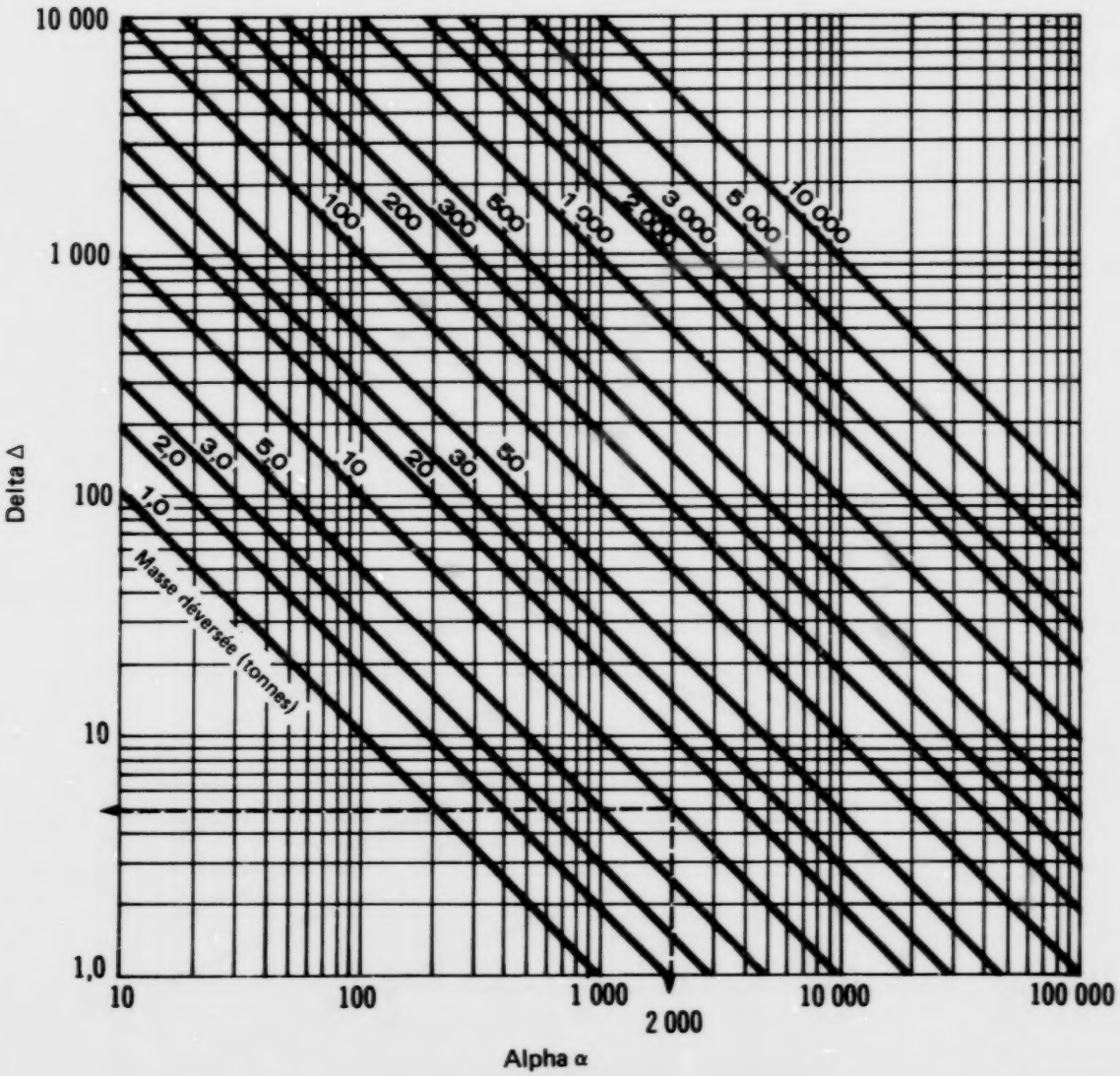


Figure 12 Teneur maximale en fonction de delta. – Il s'agit de la dernière étape dans la détermination de la teneur maximale en polluant en un point situé en aval du lieu du déversement. En se servant du facteur delta et connaissant la surface de la section mouillée (s), le lecteur trouve rapidement la teneur. La valeur obtenue vaut pour les liquides miscibles dans l'eau, de densité équivalente à celle de l'eau, et pour les solides solubles dans l'eau; elle variera quelque peu dans le cas de polluants dont la densité relative est supérieure ou inférieure à celle de l'eau.

5.4.2.2 Diffusion dans les étendues d'eau calme ou les lacs (au repos)

Figure 13 Volume d'eau en fonction du rayon. – L'étendue d'eau calme (ni vent, ni courant) touchée par le déversement d'un liquide miscible (dans l'eau), de densité équivalente à celle de l'eau, est représentée par un cylindre théorique de rayon (r) et de longueur égale à la hauteur d'eau (h) à l'endroit où le déversement se produit. Le volume d'eau peut être obtenu à l'aide de la figure 13. Le rayon (r) équivaut à la distance (x) entre le lieu du déversement et le point où la teneur est mesurée.

Figure 14 Teneur moyenne en fonction du volume d'eau. – Pour un volume d'eau connu du cylindre théorique, le nomogramme permet d'établir une teneur moyenne en polluant selon la masse de liquide déversé. Il est pris pour acquis que la diffusion du polluant est uniforme dans le cylindre. En pratique, dans le cas de substances dont la densité relative est supérieure ou inférieure à celle de l'eau, la teneur réelle près du fond sera plus forte ou plus faible.

5.4.3 Étapes du calcul

5.4.3.1 Teneur en polluant dans une rivière non soumise aux marées. Vingt tonnes d'une solution de phosphate d'ammonium à 30 p. 100 ont été déversées dans une rivière. La hauteur d'eau (h) est de 5 m et la largeur (L), de 50 m. La vitesse moyenne de l'écoulement est évaluée à 1 m/s. Quelle est la teneur maximale prévisible en un point situé à 5 km en aval, près d'une prise d'eau?

Étape 1 Déterminer les paramètres
L = 50 m; h = 5 m; V = 1 m/s; x = 5 000 m:
m = 20 tonnes d'une solution à 30 p. 100 = 6 tonnes d'une solution à 100 p. 100

Étape 2 Déterminer le temps requis pour atteindre le point qui nous intéresse
Comme x = 5 000 m et V = 1 m/s, t = 83 mn (fig. 7)

Étape 3 Déterminer le rayon hydraulique
Comme L = 50 m et h = 5 m, r = 4,2 m (fig. 8)

Étape 4 Déterminer le coefficient de diffusion turbulente
Comme r = 4,2 m et V = 1 m/s, E = 69 m^2/s (fig. 9)

Étape 5 Déterminer alpha
Comme E = 69 m^2/s et t = 83 mn, α = 2 000 (fig. 10)

Étape 6 Déterminer delta
Comme α = 2 000 et m = 6 tonnes, Δ = 3 (fig. 11)

Étape 7 Calculer la surface de la section mouillée
s = L x h = 50 x 5 = 250 m^2

Étape 8 Déterminer la teneur maximale au point qui nous intéresse
Comme Δ = 3 et s = 250 m^2, la teneur est de 20 ppm (fig. 12)

Figure 12

HYDROGÉNOPHOSPHATE D'AMMONIUM

TENEUR MAXIMALE EN FONCTION DE DELTA

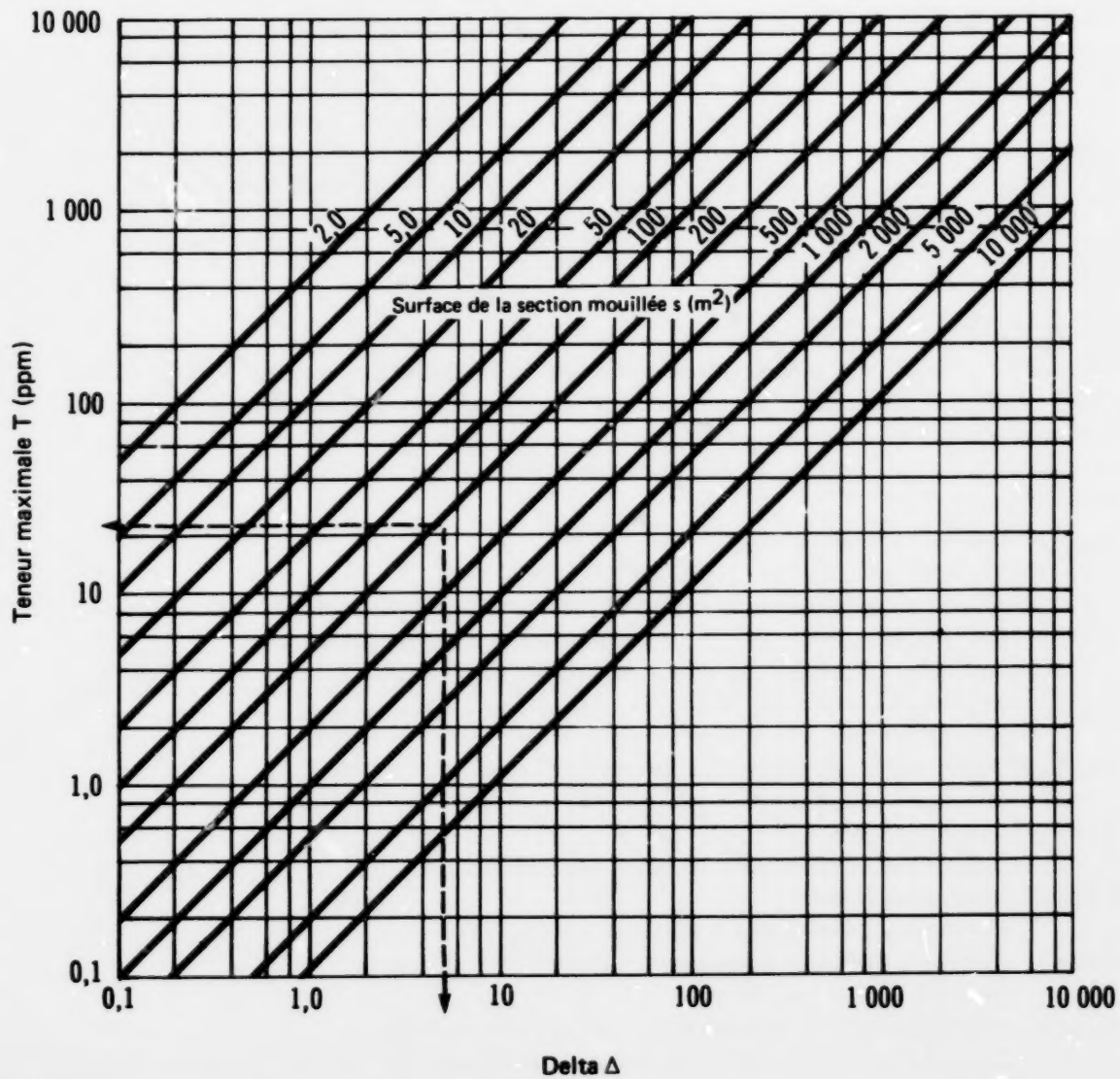


Figure 13

HYDROGÉNOPHOSPHATE D'AMMONIUM

VOLUME D'EAU EN FONCTION DU RAYON HYDRAULIQUE

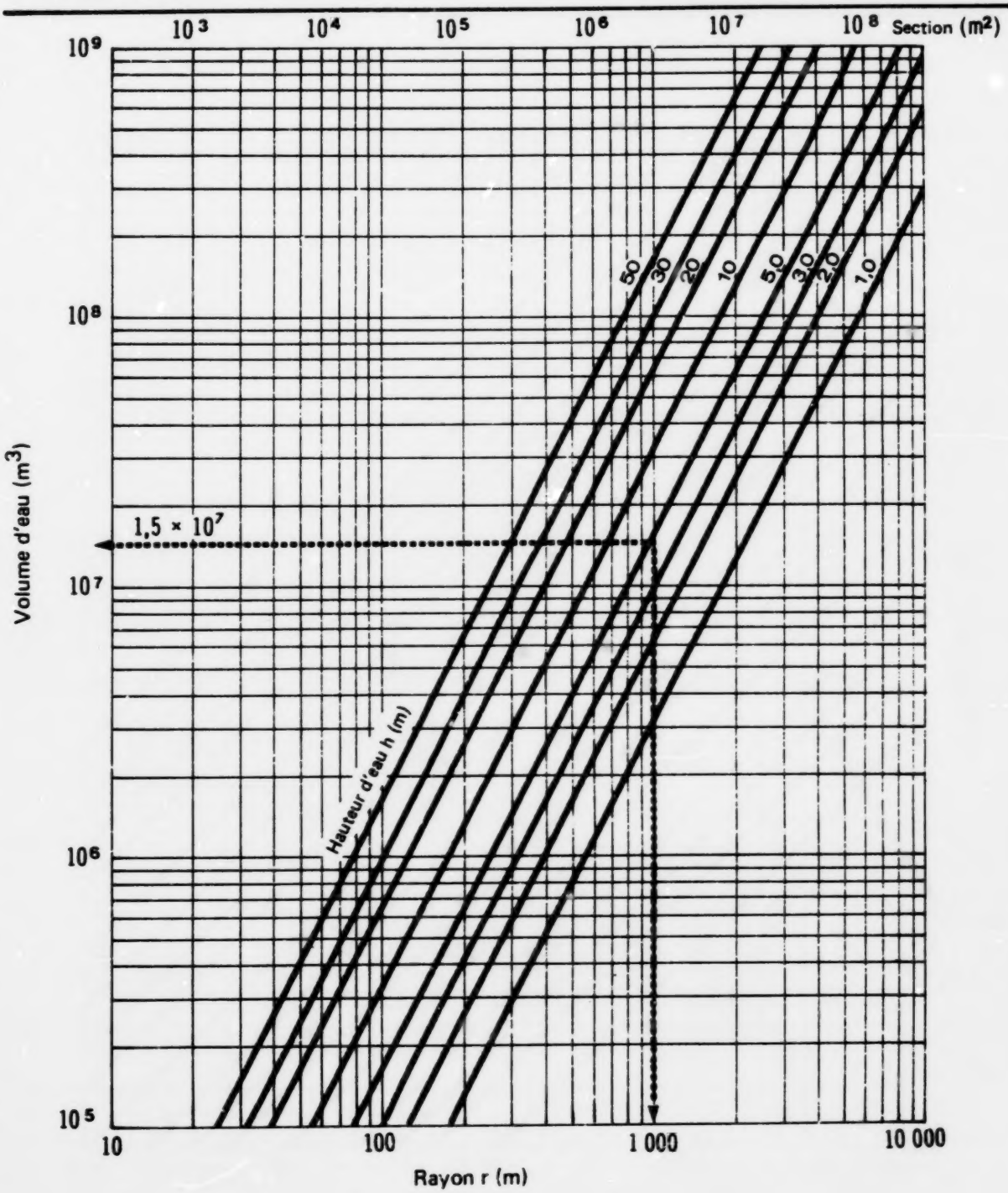


Figure 14

HYDROGÉNOPHOSPHATE D'AMMONIUM

TENEUR MOYENNE
EN FONCTION DU VOLUME D'EAU

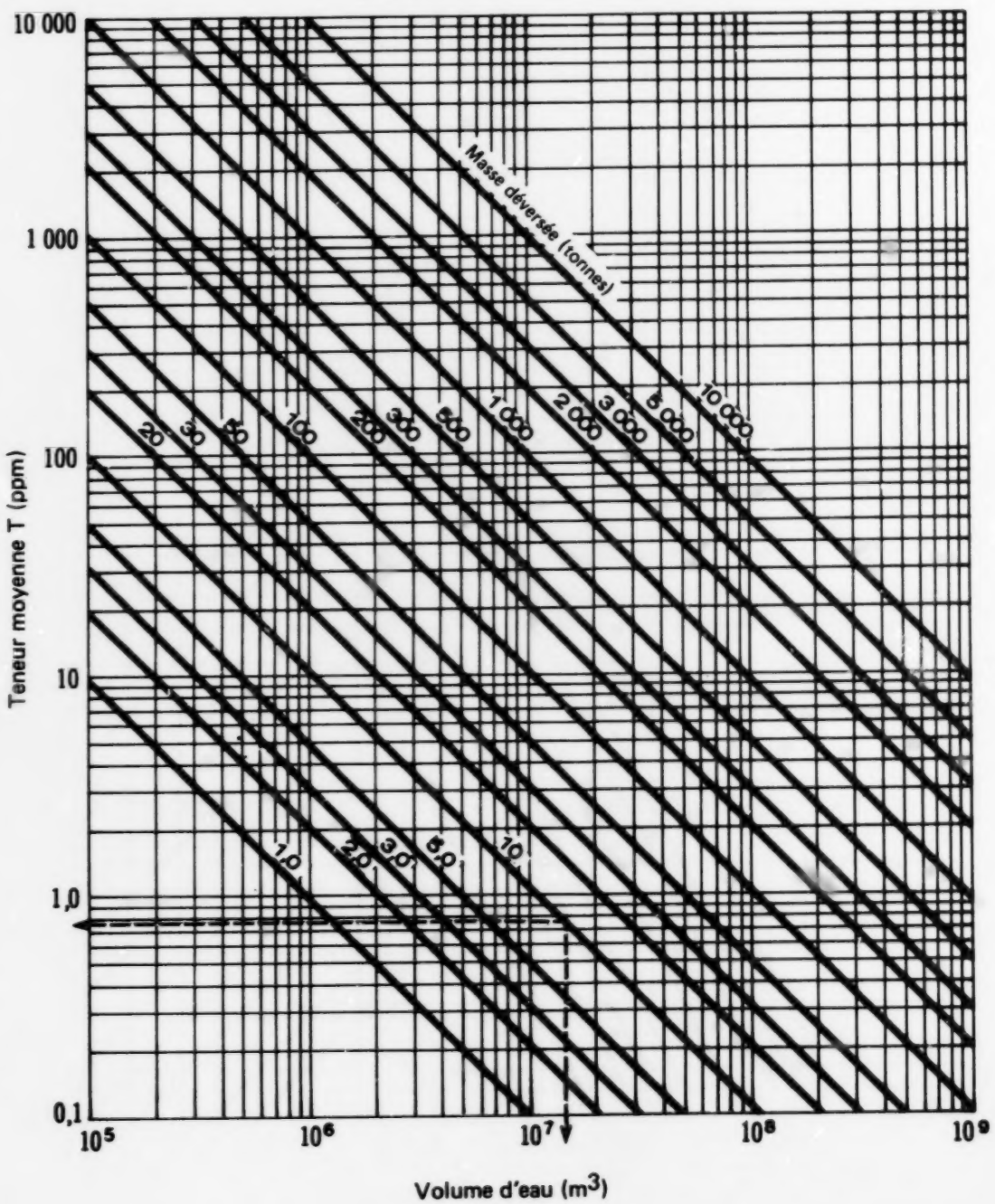
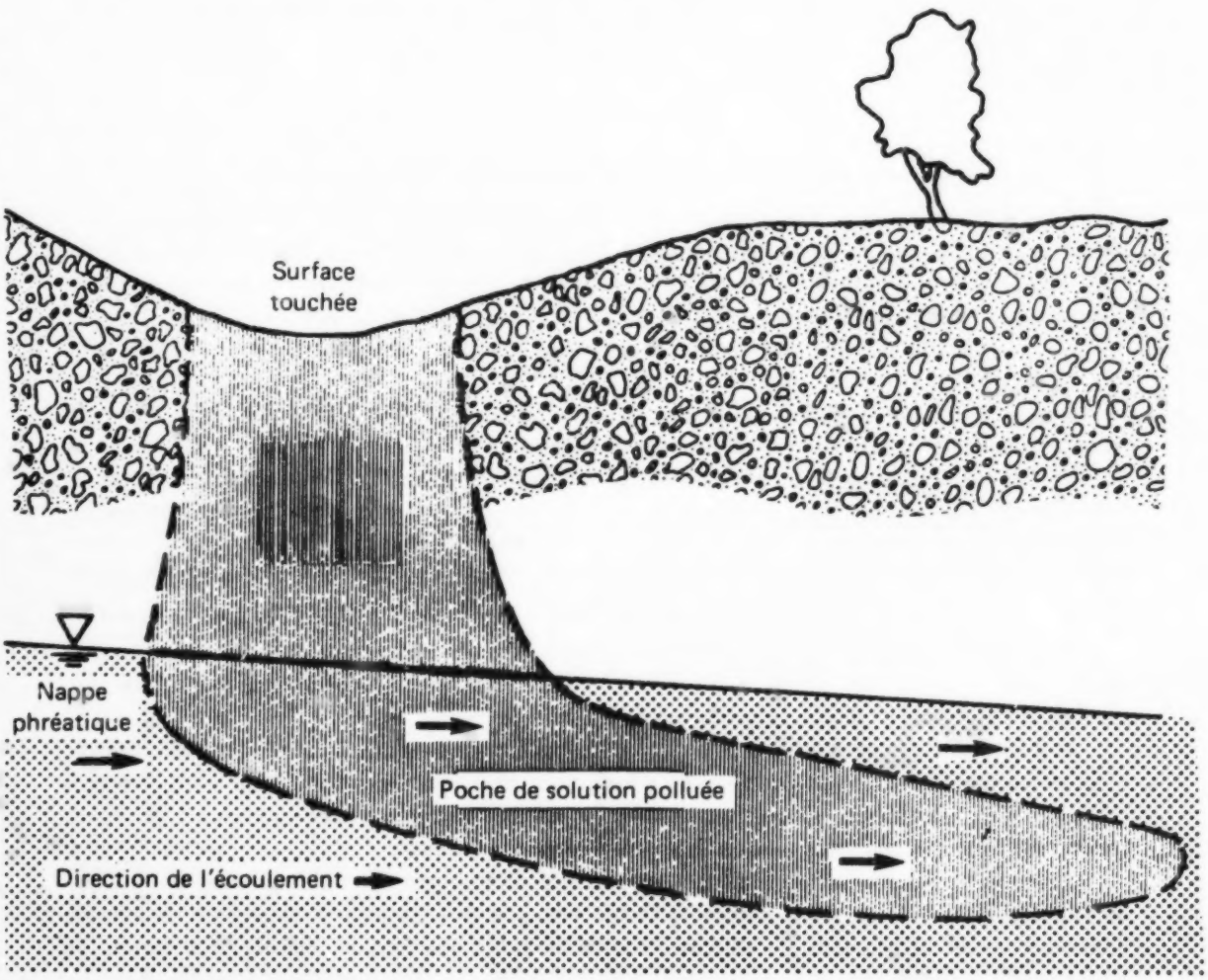


Figure 15

HYDROGÉNOPHOSPHATE D'AMMONIUM

MIGRATION DANS LE SOUS-SOL



Sol: sable grossier

Porosité = 0,35, Perméabilité intrinsèque = 10^{-9} m^2, Capacité au champ = 0,075

5.4.3.2 Teneur en polluant dans les étendues d'eau calme ou les lacs (au repos). – Vingt tonnes d'une solution de phosphate d'ammonium à 30 p. 100 ont été déversées dans un lac. Le point qui nous intéresse se trouve le long de la rive, à environ 1 000 m du lieu du déversement. Entre ce lieu et le point qui nous intéresse, la hauteur d'eau moyenne est de 5 m. Quelle est la teneur moyenne prévisible en ce point?

Étape 1 Déterminer les paramètres

h = 5 m; r = 1 000 m; m = 6 tonnes (l'équivalent de la solution à 100 p. 100)

Étape 2 Déterminer le volume d'eau assurant la diffusion

Comme r = 1 000 m et h = 5 m, vol. = 1,6 x 10^7 m^3 environ (fig. 13)

Étape 3 Déterminer la teneur moyenne

Comme vol. = 1,6 x 10^7 m^3 et m = 6 tonnes, la teneur moyenne est de 0,38 ppm (fig. 14)

5.5 Comportement dans la subsurface

5.5.1 Mécanismes. – Les principes de la migration des polluants dans le sol et leur application en ce qui a trait à la présente plaquette, ont été expliqués dans le Manuel d'introduction Enviroguide. Nous n'aborderons donc ici que des points particuliers qui sont à considérer advenant le déversement de phosphates d'ammonium sur le sol et leur migration dans le sol.

Les phosphates d'ammonium sont généralement transportés et entreposés à l'état solide, sous forme de dihydrogénophosphate d'ammonium [$(NH_4)\ H_2PO_4$] et/ou d'hydrogénophosphate d'ammonium [$(NH_4)_2\ HPO_4$]. Il ne sera toutefois question que du sel diammonique; les mêmes principes valent cependant pour le sel monoammonique.

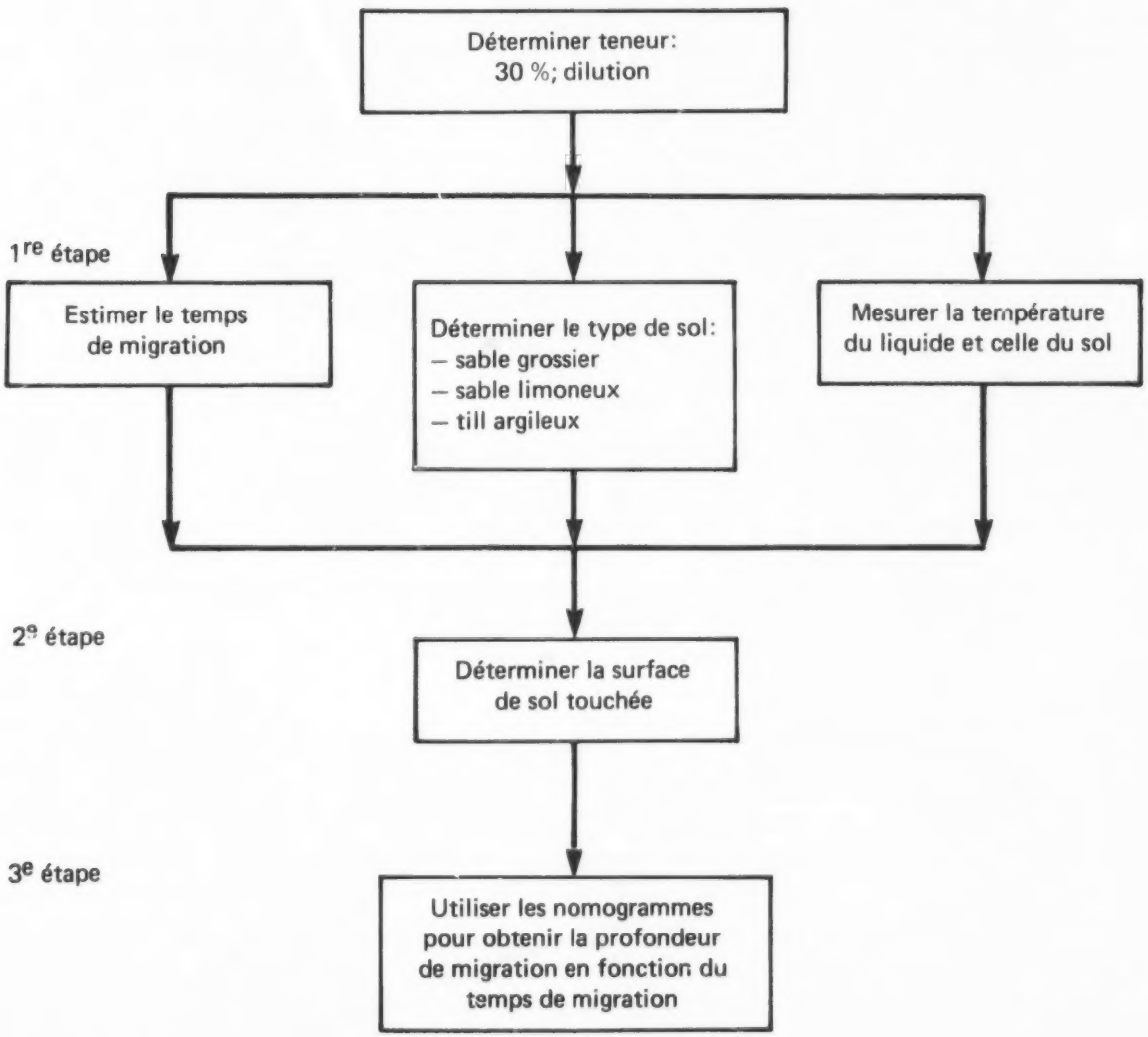
En cas de déversement de phosphates d'ammonium sur le sol, à l'état solide, le risque de pollution des eaux souterraines est faible si le sol est sec et que le nettoyage intervient avant des précipitations atmosphériques. La solubilité de $(NH_4)_2\ HPO_4$, à 20 °C, est d'environ 69 g/100 ml. Toute eau tombant sur le sol sous forme de précipitation, ou lors des opérations de nettoyage entraînera la dilution du polluant qui peut alors s'infiltrer dans le sol.

Tant les ions phosphate que les ions ammonium peuvent entraîner des interactions considérables dans le sol, surtout par échange d'ions. Ce phénomène n'a toutefois pas été retenu, car il peut constituer à lui seul un problème de pollution.

Il y aura ruissellement si le sol est saturé d'eau au moment du déversement. Pour nos calculs, nous avons supposé une capacité normale d'humidité, dite capacité au champ. Le sol recèle alors très peu d'eau interstitielle susceptible de diluer le produit au cours de sa migration ou de freiner son mouvement descendant, situation qui correspond au «pire cas».

Lorsque le polluant atteint la nappe phréatique, il continue sa migration dans la direction de l'écoulement de l'eau de la nappe. Il forme une poche de pollution au sein de laquelle les phénomènes de diffusion et de dispersion contribuent à une certaine baisse de la teneur en polluant. (Voir figure 15.)

5.5.2 Migration de l'hydrogénophosphate d'ammonium dans la zone non saturée. – Les équations et les postulats utilisés pour déterminer la migration du polluant dans la zone non saturée, jusqu'à la nappe phréatique, sont présentés dans le Manuel d'introduction Enviroguide. Les vitesses de migration sont établies à partir de la loi de Darcy, en posant comme hypothèse la formation d'une colonne saturée en solution polluée, par suite d'un écoulement en bloc.


Déterminer teneur:
30 %; dilution
1re étape
Estimer le temps
de migration
Déterminer le type de sol:
– sable grossier
– sable limoneux
– till argileux
Mesurer la température
du liquide et celle du sol
2e étape
Déterminer la surface
de sol touchée
3e étape
Utiliser les nomogrammes
pour obtenir la profondeur
de migration en fonction du
temps de migration

5.5.3 Coefficient de perméabilité de l'hydrogénophosphate d'ammonium en sol saturé. – Le coefficient de perméabilité, qui correspond au coefficient k de la loi de Darcy, est un paramètre mesurant la perméabilité d'un milieu continu, en m/s. Il est défini par:

$$k = \frac{(\rho g)k}{\mu}$$

où: k = perméabilité intrinsèque du sol (m^2)
ρ = masse volumique du fluide (kg/m^3)
μ = viscosité absolue du fluide (Pa · s)
g = accélération de la pesanteur = 9,81 m/s^2

Les deux liquides présents sont le $(NH_4)_2 HPO_4$, en solution à 30 p. 100, et l'eau. Les données relatives à l'eau, dans le tableau ci-dessous, représentent le point extrême de dilution de l'hydrogénophosphate d'ammonium.

	$(NH_4)_2 HPO_4$, 30 %		Eau
Propriétés	20 °C	4 °C	20 °C
Masse volumique ρ (kg/m^3)	1,151	1,154	998
Viscosité absolue μ (Pa · s)	$2{,}6 \times 10^{-3}$	$4{,}0 \times 10^{-3}$	$1{,}0 \times 10^{-3}$
Coefficient de perméabilité k (m/s)	$(0{,}44 \times 10^{7})k$	$(0{,}28 \times 10^{7})k$	$(0{,}98 \times 10^{7})k$

5.5.4 Types de sol. – Le Manuel d'introduction Enviroguide décrit les trois types de sol retenus pour les besoins de la présente section. Le tableau ci-dessous indique les propriétés qui nous intéressent.

	Type de sol		
Propriété	Sable grossier	Sable limoneux	Till argileux
Porosité (m^3/m^3)	0,35	0,45	0,55
Perméabilité intrinsèque (m^2)	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}
Capacité au champ (m^3/m^3)	0,075	0,3	0,45

5.5.5 Nomogrammes de migration. – Un nomogramme de migration des phosphates d'ammonium dans la zone non saturée (au-dessus de la surface de saturation) a été préparé pour chacun des trois types de sol choisis. La profondeur atteinte par le polluant est donnée en fonction du temps de migration. Vu les méthodes utilisées et les hypothèses posées, la profondeur atteinte par le polluant doit être considérée comme maximale pour le temps donné. La figure 16 indique la marche à suivre dans l'utilisation des nomogrammes (fig. 17, 18 et 19). La droite représentant la profondeur atteinte par l'eau correspond à la profondeur maximale d'infiltration de l'eau à une température de 20 °C, pour un temps donné. Elle correspond donc à la profondeur maximale de migration du polluant dilué à l'extrême au contact de l'eau.

Figure 17

HYDROGÉNOPHOSPHATE D'AMMONIUM **MIGRATION DANS DU SABLE GROSSIER**

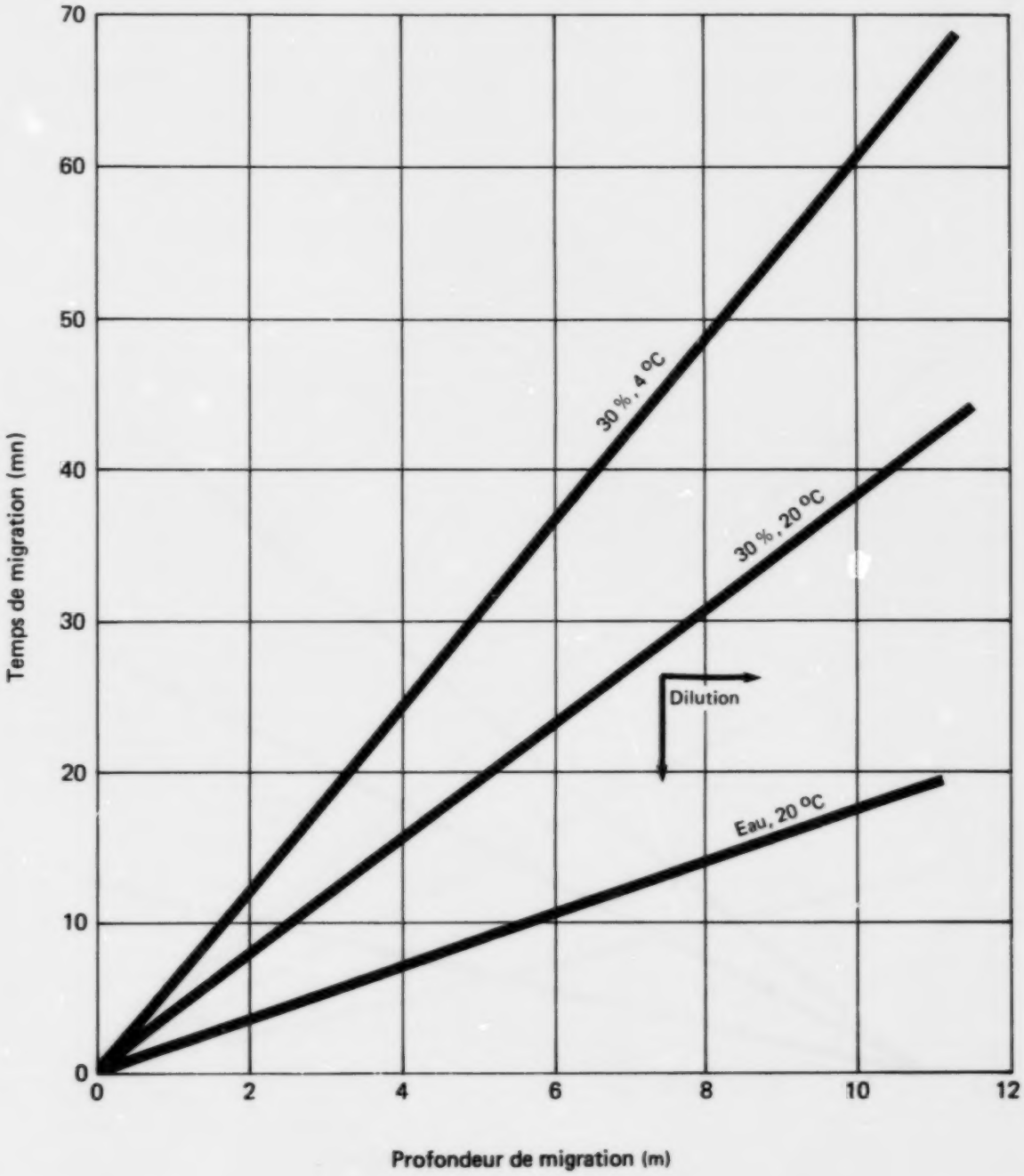


Figure 18

HYDROGÉNOPHOSPHATE D'AMMONIUM — MIGRATION DANS DU SABLE LIMONEUX

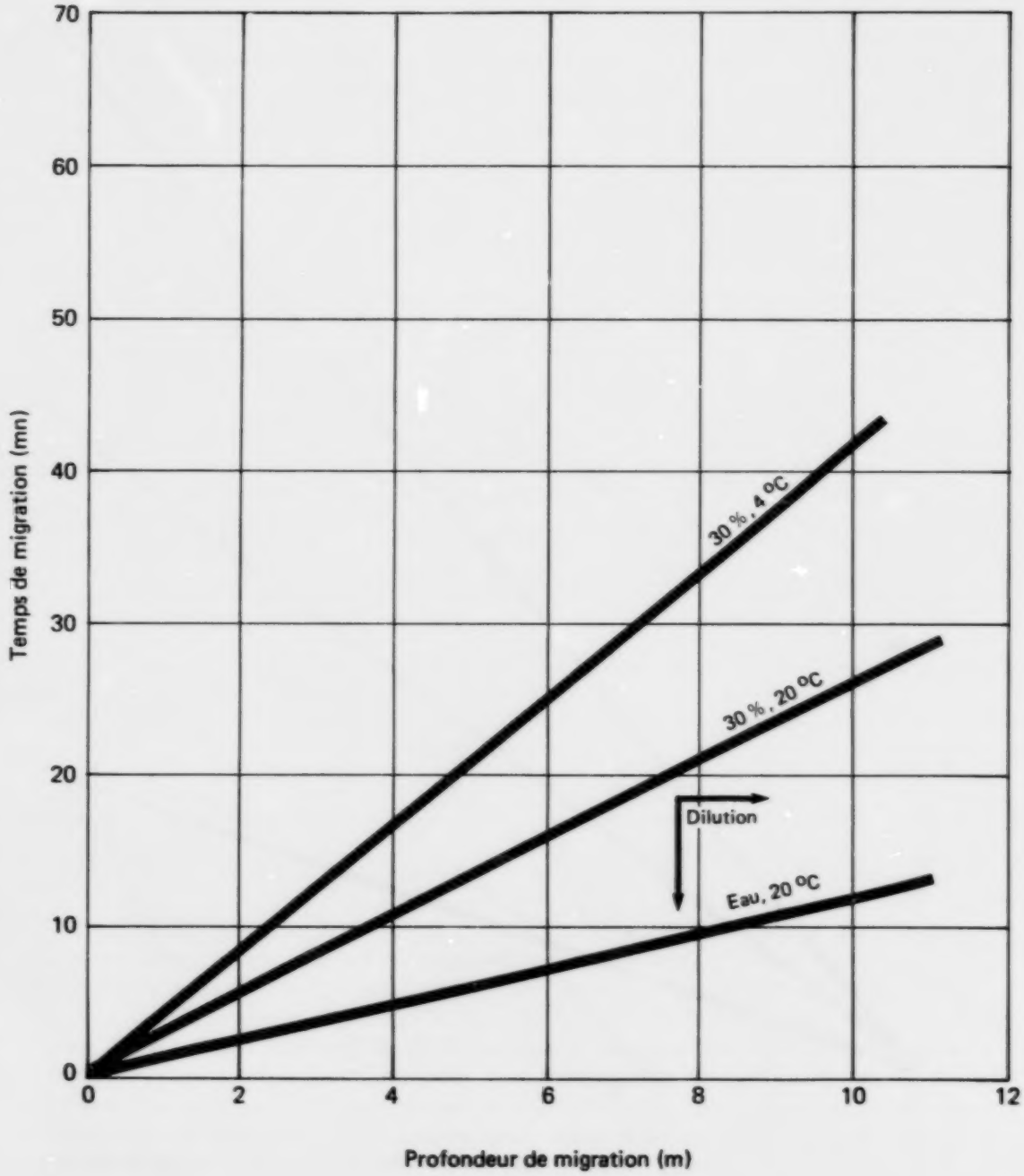
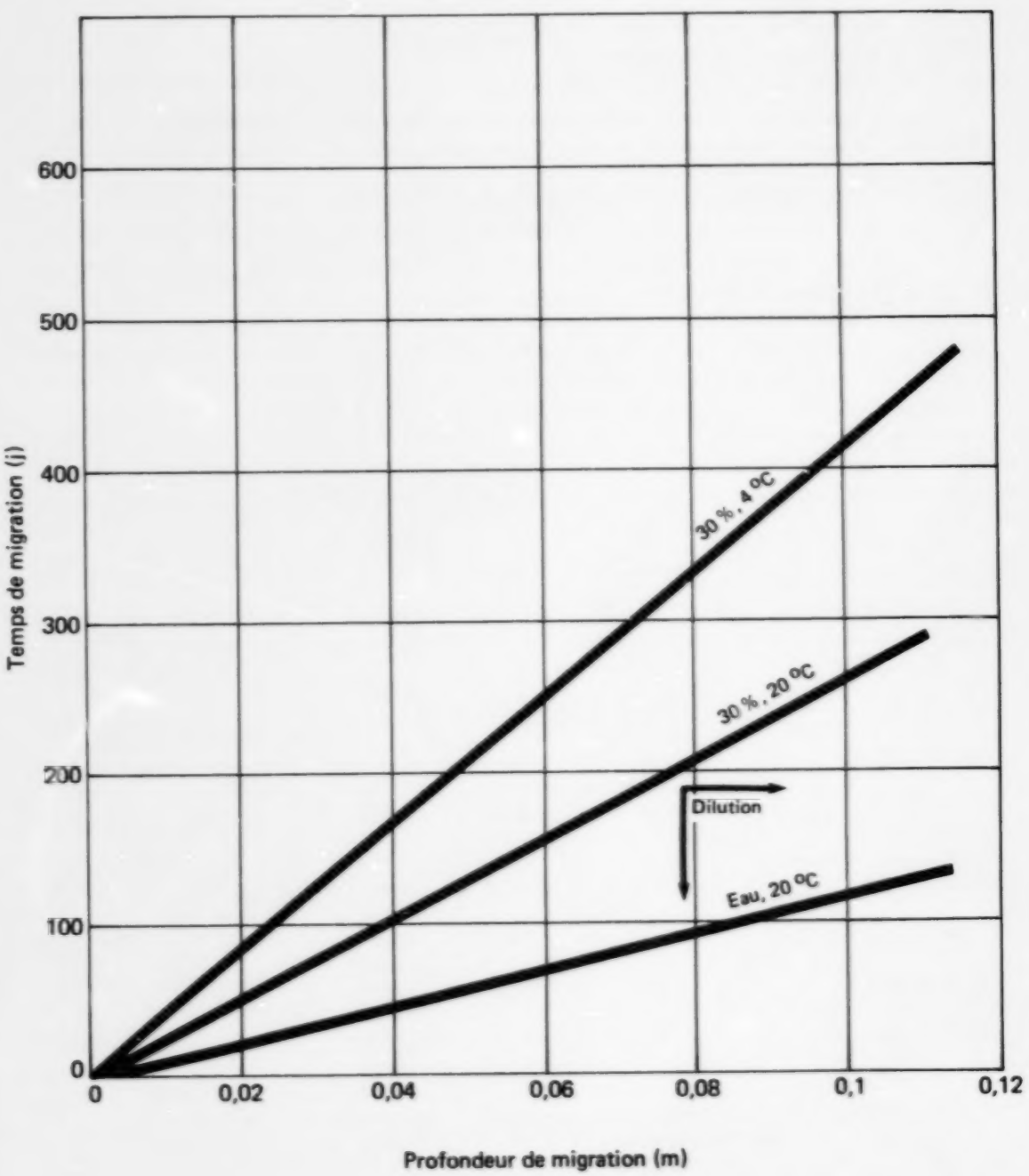


Figure 19

HYDROGÉNOPHOSPHATE D'AMMONIUM

MIGRATION DANS DU TILL ARGILEUX



5.5.6 Exemple de calcul. – Vingt tonnes de $(NH_4)_2 HPO_4$ à l'état solide ont été déversées sur un sol constitué de sable grossier. Le rayon de la surface polluée est de 8,6 m. La température s'élève à 20 °C. Calculer la profondeur atteinte par le polluant, 10 jours après le déversement.

Étape 1 Déterminer la valeur des paramètres.

Masse déversée = 20 000 kg
Température = 20 °C
Rayon de la surface polluée = 8,6 m
Type de sol = sable grossier
Profondeur de la surface de saturation = 13 m
Temps écoulé depuis le moment du déversement = 10 j

Étape 2 Calculer la surface de sol pollué.

Surface = $\pi r^2 = 232\ m^2$

Étape 3 Évaluer la profondeur atteinte par le polluant après 10 j

Dans le cas du sable grossier, après 10 j, la profondeur est de 3,9 m pour une solution à 30 p. 100, et de 8,3 m lorsque le produit avait été dilué (pire cas) (voir figure 18). La surface de saturation n'a pas été atteinte.

6 PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

6.1 Limites maximales admissibles

Il est à noter que les limites maximales admissibles constituent dans certains cas des éléments de règlements, alors que dans d'autres cas elles correspondent seulement à des recommandations.

6.1.1 Qualité de l'eau

6.1.1.1 Au Canada. – L'Ontario recommande une teneur limite de 0,02 mg d'ammoniaque (en NH_3) par litre (*Water Management Goals*, 1978).

6.1.1.2 Autres pays. – Aux États-Unis, la teneur limite recommandée est de 0,05 mg d'ammoniaque (en NH_3) par litre (OHM-TADS, 1981; O.I., 1970).

6.1.2 Qualité de l'air

6.1.2.1 Au Canada. – Il n'existe aucun règlement pour les phosphates d'ammonium. Par contre, des normes d'exposition ou des teneurs limites ont été fixées par divers paliers de gouvernement pour l'ammoniaque et les acides phosphoriques, produits de décomposition ou de dissociation des phosphates d'ammonium. Ces produits peuvent se former si des phosphates d'ammonium viennent en contact avec des bases. L'Ontario a fixé à 3,6 mg/m^3 la teneur maximale admissible d'ammoniaque dans l'environnement, et à 100 $\mu g/m^3$ la teneur maximale admissible pour les acides phosphoriques (Loi sur la protection de l'environnement, 1971).

6.2 Toxicité pour les espèces aquatiques

6.2.1 Évaluation de la toxicité aux États-Unis. – La tolérance moyenne pour 96 heures (TLm 96) aux phosphates d'ammonium correspond à des teneurs variant entre 1000 et 100 mg/l (RTECS, 1979).

6.2.2 Toxicité en eau douce

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Caractéristiques de l'eau	Référence
A. Pour les poissons					
145	96	Saumon (alevins)	TL 50		Johnson, 1977
94	96	Truite (alevins)	TL 50		Johnson, 1977
350	96	Crapet arlequin	TL 50		Johnson, 1977
450	96	Achigan à grande bouche	TL 50		Johnson, 1977
225	24	Tête de boule	TL 50	pH 7,8; tests biologiques statiques et dynamiques	Inman, 1974

155	96	Tête de boule	TL 50	Idem	Inman, 1974
B. Pour les invertébrés					
40	96	Gammare	TL 50		Johnson, 1977

6.2.3 Études sur le milieu aquatique. – La teneur maximale admissible pour le poisson est de 0,5 mg d'ammoniaque à l'état libre, par litre. La toxicité est directement fonction du taux d'ammoniaque non-ionisé (NH_3) (OHM-TADS, 1981).

6.3 Études sur les effets toxiques

Les phosphates d'ammonium sont des substances nutritives et peuvent favoriser la croissance des algues.

6.4 Dégradation

Les phosphates d'ammonium sont des substances nutritives; l'azote et le phosphore sont rapidement assimilés par les micro-organismes. La chlorination de l'eau contenant des sels d'ammonium peut produire des chloramines malodorantes.

6.5 Devenir et effets à long terme

Vu que les phosphates d'ammonium sont des substances nutritives, l'équilibre des espèces aquatiques peut être bouleversé advenant un déversement. Il n'y a aucun risque de bio-accumulation ou de contamination de la chaîne alimentaire.

7 PROTECTION DE LA SANTÉ

La documentation spécialisée donne très peu d'informations sur les effets nocifs observés chez des hommes et des animaux de laboratoire exposés aux phosphates d'ammonium. Les quelques travaux publiés concernent surtout leur action irritante sur les yeux et la peau.

Aucune des publications consultées ne traite des effets des phosphates d'ammonium sur la reproduction ou de leurs effets mutagènes ou cancérogènes, et aucune information n'a été trouvée sur les effets liés à une exposition de longue durée.

Les phosphates d'ammonium dibasique ou monobasique figurent dans l'inventaire dressé par l'agence de protection de l'environnement des États-Unis (EPA), conformément à la Loi sur le contrôle des substances toxiques.

Les données présentées dans ce chapitre rendent compte de l'information publiée jusqu'à maintenant.

7.1 Normes d'exposition recommandées

Aucune norme d'exposition n'a été trouvée pour les phosphates d'ammonium dans la documentation ou dans les lois et règlements des provinces, au Canada.

	Teneur recommandée	Référence
• Teneur pondérée en fonction du temps (MPT)		
Aucune donnée		
• Teneur admissible pour les expositions de courte durée (STEL)		
Aucune donnée		
• Teneur provisoire		
Durée d'exposition non précisée	0,5 mg/m^3 (dans l'air)	GE, 1980
• Autres aspects de la toxicité pour l'homme		
Aucune donnée		

7.2 Données sur les propriétés irritantes

7.2.1 Contact avec la peau. – Aucune donnée.

7.2.2 Contact avec les yeux. – Aucune donnée.

7.3 Seuil de perception des caractères organoleptiques

7.3.1 Odeur. – Aucune donnée

Phosphate d'ammonium dibasique : Vague odeur d'ammoniaque (CHRIS, 1978)
Inodore (ERCO PDS, 1981 b)

Phosphate d'ammonium monobasique: Vague odeur d'acide (CHRIS, 1978)
Inodore (ERCO PDS, 1981 a)

7.3.2 Goût. – Aucune donnée.

7.4 Études à long terme

7.4.1 Inhalation. – Aucune donnée.

7.4.2 Ingestion. – Aucune donnée.

7.5 Symptômes d'intoxication

Aucune référence n'est donnée pour les symptômes de nature courante mentionnés dans la plupart des documents consultés. Seuls les symptômes ou troubles de nature inhabituelle ou particulière sont référencés.

7.5.1 Inhalation

1. Toux ou gêne respiratoire (poussières)
2. Irritation des muqueuses (dihydrogénophosphate d'ammonium) (CHRIS, 1978)
3. Douleurs thoraciques (TDB–en ligne, 1981)
4. Dyspnée (TDB–en ligne, 1981)
5. Hypoxémie consécutive à une forte irritation (TDB–en ligne, 1981)
6. Oedème pulmonaire et asphysie (hydrogénophosphate d'ammonium) (CHRIS, 1978)

7.5.2 Ingestion. – Les renseignements ci-dessous proviennent tous de TDB–en ligne, 1981.

1. Brûlures des muqueuses de la bouche, de la gorge et de l'oesophage, instantanément douloureuses
2. Dysphagie
3. Douleur épigastrique, pouvant s'accompagner de nausées et vomissements de matières glaireuses et à l'aspect de marc de café
4. Douleurs gastriques
5. Collapsus cardio-vasculaire pouvant entraîner une insuffisance rénale
6. Peau moite et froide
7. Pouls faible et rapide
8. Respiration peu profonde
9. Urines peu abondantes
10. Insuffisance circulatoire aiguë (choc)
11. Tachycardie
12. Oedème de la glotte
13. Rétrécissements (sténose) de l'oesophage, de l'estomac et du pylore qui se produisent tardivement et pouvant nécessiter une intervention chirurgicale
14. Mort

7.5.3 Contact avec la peau

1. Légère irritation cutanée (GE, 1980)
2. Dermites (TDB–en ligne, 1981)
3. Peau rugueuse (TDB–en ligne, 1981)
4. Graves brûlures (TDB–en ligne, 1981)

7.5.4 Contact avec les yeux

1. Irritation (CHRIS, 1978)
2. Douleur cuisante (TDB–en ligne, 1981)
3. Gonflement des paupières (TDB–en ligne, 1981)
4. Érosion de la cornée
5. Perte de la vue (TDB–en ligne, 1981)

7.6 Toxicité des produits de décomposition ou de combustion, pour l'homme

Des vapeurs irritantes d'ammoniac, des oxydes d'azote et des oxydes de phosphore peuvent être libérés par les phosphates d'ammonium en cas d'incendie. Sous l'action de la chaleur, les phosphates d'ammonium libèrent des gaz toxiques d'oxydes d'azote (GE, 1980). Les vapeurs d'ammoniac et d'oxydes de phosphore sont particulièrement toxiques.

7.6.1 Oxyde nitrique – dioxyde d'azote – tétroxyde d'azote et ammoniac. – L'oxyde nitrique est un gaz incolore, à odeur très doucereuse. Il se combine avec l'hémoglobine qui est oxydée dans le sang en méthémoglobine, ce qui provoque l'anoxie. L'oxyde nitrique n'est que légèrement irritant pour les voies respiratoires et les yeux si bien que les personnes exposées peuvent inhaler ce gaz assez longtemps avant que les premiers effets toxiques se manifestent (Sax, 1968). Dans l'air, l'oxyde nitrique est oxydé en dioxyde d'azote, qui est quatre à cinq fois plus toxique que l'oxyde nitrique (Patty, 1963). La TLV® pour l'oxyde nitrique est de 25 ppm, basée sur la teneur pondérée en fonction du temps (MPT – 8 h) et de 35 ppm pour l'exposition de courte durée (STEL) (TLV, 1981).

Aux températures ambiantes normales, le dioxyde d'azote et le tétroxyde d'azote sont tous deux présents (rapport NO_2/N_2O_4 de 3 pour 7 à 37,5 °C) (Sax, 1968). À des températures plus élevées, la proportion de NO_2 augmente. Le mélange de molécules de NO_2 et de N_2O_4 en équilibre est couramment appelé peroxyde d'azote. Le peroxyde d'azote est brun foncé et dégage une odeur âcre. Il est légèrement irritant pour les yeux, le nez et les voies respiratoires supérieures; il a cependant une action insidieuse si bien que les sujets exposés peuvent l'inhaler assez longtemps avant d'être incommodés. Le peroxyde d'azote est légèrement soluble dans l'eau. Lorsqu'il est en contact avec l'oxygène, il y a formation d'acide nitrique et d'acide nitreux. Cette formation s'opère très profondément dans les voies respiratoires, et provoque une irritation des poumons, avec congestion du pharynx et des bronches, et de l'oedème pulmonaire. Les symptômes d'intoxication sont notamment: faiblesse, nausées, douleurs abdominales, toux, crachats spumeux, accélération du rythme cardiaque, grave cyanose et convulsions. Une exposition trop prolongée entraînera la mort.

Les symptômes immédiats cèdent dès que le sujet est évacué à l'air frais. Par contre, les symptômes énumérés ci-dessus peuvent ne se manifester que dans les 6 à 24 heures. En cas d'intoxication fatale, le décès se produit dans les 8 à 48 heures qui suivent l'exposition. La TLV® pour le NO_2 est de 3 ppm (basée sur la teneur pondérée en fonction du temps) (MPT – 8 h) (TLV, 1981) et 5 ppm pour l'exposition de courte durée (STEL). La documentation ne donne aucune TLV® pour le tétroxyde d'azote.

L'ammoniac est un gaz incolore, d'odeur intense et suffocante. Le seuil olfactif est de 5 ppm. Une teneur de 100 ppm suffit pour irriter les muqueuses; une exposition prolongée à des teneurs dépassant 400 ppm peut causer la destruction de la surface des muqueuses par dissolution ou émulsification de la kératine, de la graisse et du cholestérol. La mort est généralement consécutive à l'oedème pulmonaire. La TLV® pour l'ammoniac est de 25 ppm (basée sur la teneur pondérée en fonction du temps), et de 35 ppm pour l'exposition de courte durée (STEL) (TLV, 1981).

8 COMPATIBILITÉ CHIMIQUE

8.1 Compatibilité entre le phosphate d'ammonium monobasique et divers produits chimiques

Produit chimique ou groupe de produits chimiques	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de gaz inflammables	Polymérisation brutale	Décomposition	Formation de vapeurs toxiques	Formation de substances d'une plus grande toxicité	Augmentation de la pression dans les récipients fermés	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Caractéristiques	Sources
Produits chimiques														
Hypochlorite de sodium						•								NFPA, 1978
Chlorate de sodium						•								GE, 1980
En général														
Bases						•		•					Libération d'ammoniaque	GE, 1980

9 MESURES D'INTERVENTION ET DE SÉCURITÉ

9.1 Mesures recommandées

Les brefs exposés qui figurent dans la présente section sont repris des ouvrages sur lesquels a porté notre enquête bibliographique. Leur formulation originale a même été respectée afin d'éviter toute déformation de sens. Ce faisant, il devenait impossible d'empêcher que n'apparaissent d'éventuels désaccords entre les sources. D'autre part, le lecteur notera que la mention d'une mesure ne constitue d'aucune façon une recommandation de la part d'Environnement Canada.

9.1.1 Risques d'incendie. – Les phosphates d'ammonium sont ininflammables. Ils peuvent cependant se décomposer en cas d'incendie et dégager alors des vapeurs irritantes d'ammoniac, des oxydes d'azote et des phosphates. Sous l'effet de la chaleur, ils peuvent se polymériser et libérer également de l'ammoniac (Stauffer PSIS, 1981).

9.1.2 Moyens d'extinction. – Utiliser de l'eau, une poudre extinctrice, du CO_2, de la mousse ou autres agents d'étouffement appropriés (Stauffer PSIS, 1981).

9.1.3 Mesures d'intervention, de nettoyage et de traitement en cas de déversement

9.1.3.1 Information générale. – Arrêter ou ralentir l'écoulement du produit si cela ne présente aucun risque. Éviter d'inhaler.

9.1.3.2 Déversement sur le sol. – Ramasser le produit déversé en soulevant le moins possible de poussières, placer les balayures dans des récipients à produits chimiques appropriés et évacuer ces derniers (Stauffer PSIS, 1981).

9.1.3.3 Déversements dans l'eau. – En cas de déversement dans l'eau, les phosphates d'ammonium se dissocient et produisent des ions phosphate et des ions ammonium. Pour le traitement sur place des ions phosphate, utiliser Al^3, Ca^{2+}, Fe^{3+}, Mg^{2+}. Pour les ions ammonium, utiliser des zéolites naturelles, par ex. de la cléoptilolite (OHM-TADS, 1981).

9.1.4 Élimination. – Les phosphates d'ammonium recueillis ne doivent *jamais* être rejetés dans des égouts ou des eaux de surface. Après neutralisation soit sur les lieux du déversement ou dans une installation de traitement des déchets, la boue obtenue sera mise en décharge.

9.1.5 Appareils et vêtements de protection. – Pour entrer dans une zone où ni le produit déversé ni ses propriétés ne sont connues, il faut porter un appareil respiratoire autonome et être vêtu d'un vêtement protecteur contre les agents chimiques, *entièrement étanche.*

Si le produit déversé est du phosphate d'ammonium:

- porter des vêtements imperméables, un masque facial avec appareil respiratoire autonome, s'il y a dégagement d'ammoniac (Stauffer PSIS, 1981)
- porter des gants et des bottes en caoutchouc ou en plastique (ERCO PDS, 1981a)
- porter des lunettes de sécurité contre les produits chimiques lorsque la situation l'exige (ERCO PDS, 1981a).

9.1.6 Précautions spéciales. – Ne pas entreposer les phosphates d'ammonium avec ou à proximité de l'hypochlorite de sodium et certaines autres bases vu le risque de libération d'ammoniac. Ne pas entreposer dans des endroits très chauds.

10 CAS DE DÉVERSEMENT ACCIDENTELS

Seuls les cas qui présentent un intérêt pour le lecteur ont été retenus. En conséquence, le nombre de cas décrits ne traduit ni l'ampleur du problème ni la fréquence des déversements. L'information que nous donnons a pour but d'aider le lecteur à comprendre les mesures d'intervention prises.

Toute nouvelle information pertinente sera incluse dans les révisions ultérieures, au fur et à mesure des progrès réalisés dans le domaine des techniques d'intervention.

10.1 Bris d'un réservoir de stockage

À la suite de vandalisme dans une usine d'engrais, un réservoir de 113 550 l de phosphate d'ammonium liquide (teneur en ammoniaque de 7 p. 100) a été endommagé. Environ 37 850 l ont été récupérés dans un puisard et 75 000 l se sont déversés dans un cours d'eau voisin, causant la mort de quelque 31 000 poissons.

L'équipe d'intervention est arrivée sur les lieux quelques jours après. Le produit visqueux qui se trouvait encore dans le puisard et le sol pollué ont été retirés au moyen de pelles rétrocaveuses, et les déchets ont été enfouis dans un champ à proximité de l'usine. Dans les parages du point de rejet dans la rivière, la teneur en ammoniaque atteignait 60 mg/l, mais à 2,5 km en aval, elle était tombée à des valeurs moins nocives.

Il a été jugé que le prochain orage diluerait suffisamment l'ammoniaque et que lorsque l'eau polluée atteindrait la partie de la rivière d'où l'on pompe de l'eau potable et qui sert également à des activités récréatives, à 110 km en aval du point de déversement, l'ammoniaque serait à l'état de traces. On n'a pas signalé de destruction de poissons par la suite.

11 IDENTIFICATION ET DOSAGE DES POLLUANTS

Les méthodes d'analyse utilisées pour l'identification et le dosage des polluants chimiques d'intérêt prioritaire sont expliquées dans les lignes qui suivent.

Les méthodes décrites et les références signalées ont été choisies en fonction d'analyses d'échantillons d'air, d'eau et de sol devant être faites dans un laboratoire de chimie doté d'un équipement standard, éloigné du lieu d'où proviennent les prélèvements. Les auteurs ont consulté les sources habituelles exposant les méthodes normalisées ou recommandées, et décrit sommairement celles qui s'appliquent à chaque produit chimique. Parmi ces sources, on compte des publications du National Institute for Occupational Safety and Health des États-Unis (NIOSH), de l'Environmental Protection Agency des États-Unis (EPA), de l'American Water Works Association, de l'American Society for Testing and Materials (ASTM) et de l'American National Standards Institute.

Lorsque les méthodes normalisées ou recommandées ont été jugées fiables et suffisamment spécifiques pour l'analyse des échantillons provenant des matières déversées et du milieu touché et lorsqu'elles ne nécessitaient pas un équipement de laboratoire hautement spécialisé, nous n'avons pas cherché plus loin. Enfin, lorsque nous avons découvert des tests simples et fiables, couramment utilisés dans l'industrie, nous les avons signalés.

11.1 Dosage du polluant présent dans l'air (analyse quantitative)

11.1.1 Méthode colorimétrique (AWWA). – Cette méthode convient pour le dosage des phosphates d'ammonium présents dans l'air à des teneurs supérieures à 0,2 ppm (851 $\mu g/m^3$), dans un échantillon de 30 litres.

Un échantillon de 30 litres d'air est recueilli au moyen d'un appareil de filtration qui comporte une membrane filtrante en ester cellulosique, d'un diamètre de 37 mm, avec pores de 0,8 μm. L'échantillon est désorbé dans 100 ml d'eau en l'agitant vigoureusement pendant 45 mn. L'extrait doit être incolore et parfaitement limpide. On lui ajoute une goutte de phénolphtaléine. S'il se colore en rose, ajouter un acide fort, goutte à goutte, jusqu'à disparition de la couleur. Dissoudre 25 g de molybdate d'ammonium dans 175 ml d'eau, ajouter à une solution de 280 mg d'acide sulfurique concentré et 400 ml d'eau. Diluer à 1 litre. Préparer une solution de chlorure stanneux en ajoutant 2,5 g de chlorure stanneux dans 100 ml de glycérol; chauffer pour dissoudre. Ajouter à l'extrait 0,4 ml de solution au molybdate et 0,5 ml de solution au chlorure stanneux. Maintenir à une température constante à ± 2 °C, entre 20 °C et 30 °C, pendant le développement de la couleur. Attendre 10 à 12 minutes et effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 690 nm. Pratiquer parallèlement une mesure témoin avec de l'eau distillée ainsi qu'avec les réactifs. Se reporter à la courbe d'étalonnage. Minuter soigneusement les opérations car la couleur se forme progressivement puis perd peu à peu de son intensité.

11.2 Dosage du polluant présent dans l'air (analyse qualitative)

Recueillir l'échantillon d'air tel qu'indiqué en 11.1 le désorber et le diluer dans 6 ml d'eau déionisée. Transférer 1 ml dans un bécher, ajouter 5 ml d'acide nitrique concentré et réduire l'échantillon à environ 1 ml par évaporation. *Cette opération doit se faire sous hotte.* Ajouter 2 ml d'eau et transvaser dans un tube à essais. Ajouter 1 ml de nitrate d'ammonium 1 *M*

et 2 ml de molybdate d'ammonium 0,5 M. Porter à ébullition. La formation d'un précipité jaune indique la présence de phosphates (Welcher, 1955).

11.3 Dosage du polluant présent dans l'eau (analyse quantitative)

11.3.1 Méthode colorimétrique (AWWA, 1981). – Cette méthode convient pour doser les phosphates d'ammonium dans l'eau à des teneurs supérieures à 25 μg/l (0,025 ppm).

Recueillir un échantillon d'eau de 1 litre environ. L'échantillon doit être incolore et parfaitement limpide. Ajouter une goutte de phénolphtaléine. Si l'échantillon se colore en rose, ajouter de l'acide fort, goutte à goutte, jusqu'à disparition de la couleur. Préparer une solution de molybdate d'ammonium en dissolvant 25 g de molybdate d'ammonium dans 175 ml d'eau et l'ajouter à une solution constituée de 280 ml d'acide sulfurique concentré et 400 ml d'eau, et étendre à 1 litre. Préparer une solution de chlorure stanneux. Mettre 2,5 g de chlorure stanneux dans 100 ml de glycérol et chauffer pour dissoudre. Ajouter à l'extrait 0,4 ml de solution de molybdate et 0,5 ml de solution de chlorure stanneux. Maintenir à une température constante à ± 2 °C, entre 20 °C et 30 °C, pendant que la couleur se développe. Attendre 10 à 12 minutes et faire la lecture au spectrophotomètre approprié, à la longueur d'onde de 690 nm. Pratiquer parallèlement au dosage un essai à blanc avec de l'eau distillée et avec les réactifs. Se reporter à la courbe d'étalonnage. Minuter soigneusement les opérations car la couleur se forme progressivement puis perd peu à peu de son intensité.

11.4 Dosage du polluant présent dans l'eau (analyse qualitative)

Prélever environ 1 litre d'eau à analyser. L'eau doit être incolore et parfaitement limpide. En transférer 1 ml dans un bécher, ajouter 5 ml d'acide nitrique concentré et réduire à environ 1 ml par évaporation. *Cette opération doit se faire sous hotte.* Ajouter 2 ml d'eau et transférer dans un tube à essais. Ajouter 1 ml de nitrate d'ammonium 1,0 *M* et 2 ml de molybdate d'ammonium 0,5 *M*, et porter à ébullition. La formation d'un précipité jaune indique la présence de phosphates.

11.5 Dosage du polluant présent dans le sol (analyse quantitative)

11.5.1 Méthode titrimétrique (AOAC, 1925). – Mélanger 5 g du sol à analyser et 10 g de peroxyde de sodium dans un creuset en porcelaine. Chauffer le mélange avec un bec Bunsen jusqu'à ce qu'une réaction s'amorce. Couvrir le creuset et chauffer au rouge faible pendant 30 minutes. Transvaser intégralement le mélange dans une fiole jaugée en rinçant avec de l'eau chaude. Acidifier avec de l'acide chlorhydrique concentré et porter à ébullition. Laisser refroidir et compléter au volume avec de l'eau. Laisser la silice se déposer et prélever 200 ml du surnageant.

De l'hydroxyde d'ammonium à 50 p. 100 est ajouté pour précipiter le fer, l'aluminium et le phosphore, puis la solution est filtrée. Laver plusieurs fois le précipité à l'eau chaude puis l'introduire dans un bécher. Dissoudre le précipité à l'aide d'acide chlorhydrique à 25 p. 100, chaud. Évaporer à siccité sur un bain-marie et éliminer la silice par filtration. Évaporer le filtrat jusqu'à l'obtention d'un volume de 10 ml environ et lui ajouter 2 ml d'acide nitrique concentré. Neutraliser l'excès d'acide avec de l'hydroxyde d'ammonium à 50 p. 100 puis ajouter de l'acide nitrique jusqu'à ce que la solution soit limpide. Porter la température de la solution entre 40 °C

et 50 °C en la chauffant sur un bain-marie et ajouter 15 ml de solution au molybdate. Maintenir à une température constante pendant une heure ou deux. Laisser reposer la solution toute la nuit. Filtrer, débarrasser le résidu de l'acide en le lavant à l'eau froide. Placer le filtre ainsi que le résidu dans un petit bécher et dissoudre avec de l'hydroxyde de sodium ou de potassium. L'excès d'alcali est titré à l'aide d'acide nitrique 1 *M*. Utiliser le phénolphtaléine comme indicateur (AOAC, 1925).

11.6 Dosage du polluant présent dans le sol (analyse qualitative)

Procéder tel qu'indiqué en 11.5.1 jusqu'au prélèvement des 200 ml de surnageant. Mettre 1 ml du surnageant dans un tube à essais et ajouter 4 ml d'acide chlorhydrique 6 *M*. Porter à ébullition et introduire du sulfure d'hydrogène par barbotage. Centrifuger la solution et traiter le surnageant avec 5 ml d'acide nitrique concentré. Évaporer sous hotte pour ne conserver qu'environ 1 ml de solution. Ajouter 2 ml d'eau puis 1 ml de nitrate d'ammonium 1,0 *M* et 2 ml de molybdate d'ammonium 0,5 *M*. Porter à ébullition. Il y aura formation d'un précipité jaune si l'échantillon contient des phosphates (Welcher, 1955).

12 RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE

(Reproduction intégrale de l'édition anglaise)

12.1 Références

AOAC 1925: Association of Official Agricultural Chemists, Methods of Analysis, Washington, D.C., p. 31. (1925).

ASS: Atlas Steel, Atlas Stainless Steels, Toronto, Ontario. Not dated.

AWWA 1981: American Water Works Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 15th Edition, American Public Health Association, Washington, D.C., pp. 417-420. (1981).

CBG 1980: Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario. (December, 1980).

CCPA 1981: The Canadian Chemical Producers' Association, List of Members, Toronto, Ontario. (October, 1981).

CCPA 1982: The Canadian Chemical Producers' Association, private communication, Ottawa, Ontario. (November, 1982).

CDS 1967: National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, Texas. (1967).

CHRIS 1978: U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, D.C. (1978).

Corpus 1981: Corpus Information Services Ltd., "Ammonium Phosphates", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario. (June, 1981).

CRC 1980: Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, Ohio. (1980).

DCRG 1978: Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, Michigan. (1978).

Dow PPS 1972: Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Piping Systems, Midland, Michigan, Brochure 178-102 72. (1972).

DPPED 1967: DOM-X, DOM-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario. (1967).

ERCO PDS 1981a: Erco Industries Ltd., Product Data Sheet on Monoammonium Phosphate, Islington, Ontario. (1981).

ERCO PDS 1981b: Erco Industries Ltd., Product Data Sheet on Diammonium Phosphate, Islington, Ontario. (1981).

ERCO: Erco Industries Ltd., Properties of Inorganic Phosphate Salts, Islington, Ontario. Not dated.

GE 1980: General Electric Company, Material Safety Data Sheets, Material Safety Information Services, Schenectady, New York. (August, 1980).

GF: GF Plastic Systems Inc., GF Plastic Systems, Santa Ana, California. Not dated.

GPP: Uniroyal, Guide to Polymer Properties, Uniroyal Inc., Mishawaka, Indiana. Not dated.

HIS 1969: Hydraulic Institute, Hydraulic Institute Standards, 12th Edition, New York, New York. (1969).

HMIR 1980: World Information Systems, "Spilled Fertilizer Kills More than 30,000 Fish in Missouri", Hazardous Material Intelligence Report, p. 3. (22 August 1980).

IMC 1976: International Minerals and Chemical Corp., Monofos Information Data Sheet, Mundelein, Illinois. (1976).

Inman 1974: Inman, R.C., Acute Toxicity of Phos-check 202 and Diammonium Phosphate to Fathead Minnows, U.S. NTIS No. AD/A 006122/6 GA. (December, 1974).

Johnson 1977: Johnson, W.W., Sanders, H.D., "Chemical Forest Fire Retardants: Acute Toxicity to Five Freshwater Fishes and a Scud", U.S. Fish and Wildlife Service Technical Paper, Vol. 91, pp. 1-8. (1977).

JSSV 1979: Jenkins Brothers, Jenkins Corrosion Resistant Stainless Steel Valves, New York, New York. (1979).

Lange's Handbook 1979: Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1979).

MWPP 1978: Rehau, Mechan-O-Joint Water Pressure Pipe and Fittings, Montreal, Quebec. (1978).

NFPA 1978: National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, Massachusetts. (1978).

OHM-TADS 1981: Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. EPA, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, D.C. (1981).

O.I. 1970: Oceanology International. (October, 1970).

Ontario E.P. Act 1971: Ontario Ministry of the Environment, "The Environmental Protection Act, Statutes of Ontario 1971", Chapter 86, as amended; and Regulation 15 (General) as amended. (1971).

Patty 1963: Patty, F.A., Fassett, D.W., Irish, D.D. (ed.), Industrial Hygiene and Toxicology, Second Revised Edition, Vol. II, Toxicology, Interscience Publishers, New York, New York. (1963).

PC 1981: Personal Communication (Letter) with Erco Industries Limited, Islington, Ontario. (November, 1981).

PC 1982: Personal Communication, Sherritt Gordon Mines Limited, Toronto, Ontario. (3 February 1982).

PC DOC 1982: Personal Communication, Missouri Department of Conservation, Columbia, Missouri. (15 June 1982).

RTDCR 1974: Regulations for the Transport of Dangerous Commodities by Rail, Canadian Transport Commission, Ottawa, Ontario. (1974).

RTECS 1979: Lewis, R.J., Tatken, R.L., Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, Ohio. (September, 1980).

Sax 1968: Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials, Third Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, New York. (1968).

Scott 1979: Scott's Industrial Directory of Ontario Manufacturers, 12th Edition, Penstock Directories Limited, Oakville, Ontario. (1979).

Sherritt: Personal Communication, Sherritt Gordon Mines Limited. (1982).

Stauffer IDS 1979: Stauffer Chemical Company of Canada Limited, Information Data Sheet on Monoammonium Phosphate, Markham, Ontario. (1979).

Stauffer IDS 1981: Stauffer Chemical Company of Canada Ltd., Information Data Sheet on Diammonium Phosphate, Markham, Ontario. (1981).

Stauffer MSDS 1981: Stauffer Chemical Company, Material Safety Data Sheet, Westport, Connecticut. (1981).

Stauffer PSIS 1981: Stauffer Chemical Company, Product Safety Information, Diammonium Phosphate, Westport, Connecticut. (September, 1981).

Streeter 1971: Streeter, V.L., Fluid Mechanics, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1971).

TCM 1979: General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, Illinois. (May, 1979).

TDB (on-line) 1981: Toxicity Data Base, Toxicology Information On-Line. Available from National Library of Medicine, Washington, D.C. (1981).

TLV 1981: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLV®s Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment with Intended Changes for 1981, Cincinnati, Ohio. (1981).

TPS 1978: GSR Fluid Handling, Thermoplastic Piping Systems, Sun Valley, California. (1978).

U.S. DOL MSDS 1979: U.S. Department of Labour, Material Safety Data Sheet, Monoammonium Phosphate, Occupational Safety and Health Administration, Washington, D.C. (1979).

Water Management Goals 1978: Ontario Ministry of the Environment, Water Management Goals, Policies, Objectives and Implementation Procedures for the Ministry of the Environment, Toronto, Ontario. (November, 1978).

Welcher 1955: Welcher, F.J., Hahn, R.B., Semimicro Qualitative Analysis, D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton, New Jersey, pp. 458. (1955).

12.2 Bibliographie

American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLV®s Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment with Intended Changes for 1981, Cincinnati, Ohio. (1981).

American Water Works Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 15th Edition, American Public Health Association, Washington, D.C., pp. 417-420. (1981).

Association of Official Agricultural Chemists, Methods of Analysis, Washington, D.C., p. 31. (1925).

Atlas Steel, Atlas Stainless Steels, Toronto, Ontario. Not dated.

The Canadian Chemical Producers' Association, List of Members, Toronto, Ontario. (October, 1981).

The Canadian Chemical Producers' Association, private communication, Ottawa, Ontario. (November, 1982).

Canadian Transport Commission, Regulations for the Transport of Dangerous Commodities by Rail, Ottawa, Ontario. (1974).

Corpus Information Services Ltd., "Ammonium Phosphates", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario. (June, 1981).

Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1979).

DOM-X, DOM-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario. (1967).

Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, Michigan. (1978).

Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Piping Systems, Midland, Michigan, Brochure 178-102-72. (1972).

Erco Industries Ltd., Product Data Sheet on Diammonium Phosphate, Islington, Ontario. (1981).

Erco Industries Ltd., Product Data Sheet on Monoammonium Phosphate, Islington, Ontario. (1981).

Erco Industries Ltd., Properties of Inorganic Phosphate Salts, Islington, Ontario. Not dated.

General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, Illinois. (May, 1979).

General Electric Company, Material Safety Data Sheets, Material Safety Information Services, Schenectady, New York. (August, 1980).

GF Plastic Systems Inc., GF Plastic Systems, Santa Ana, California. Not dated.

GSR Fluid Handling, Thermoplastic Piping Systems, Sun Valley, California. (1978).

Hydraulic Institute, Hydraulic Institute Standards, 12th Edition, New York, New York. (1969).

Inman, R.C., Acute Toxicity of Phos-check 202 and Diammonium Phosphate to Fathead Minnows, U.S. NTIS No. AD/A 006122/6 GA. (December, 1974).

International Minerals and Chemical Corp., Monofos Information Data Sheet, Mundelein, Illinois. (1976).

Jenkins Brothers, Jenkins Corrosion Resistant Stainless Steel Valves, New York, New York. (1979).

Johnson, W.W., Sanders, H.D., "Chemical Forest Fire Retardants: Acute Toxicity to Five Freshwater Fishes and a Scud", U.S. Fish and Wildlife Service Technical Paper, Vol. 91, pp. 1-8. (1977).

Lewis, R.J., Tatken, R.L., Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, Ohio. (September, 1980).

National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, Texas. (1967).

National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, Massachusetts. (1978).

Oceanology International. (October, 1970).

Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. EPA, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, D.C. (1981).

Ontario Ministry of the Environment, "The Environmental Protection Act, Statutes of Ontario 1971", Chapter 86, as amended; and Regulation 15 (General) as amended. (1971).

Ontario Ministry of the Environment, Water Management Goals, Policies, Objectives and Implementation Procedures for the Ministry of the Environment, Toronto, Ontario. (November, 1978).

Patty, F.A., Fassett, D.W., Irish, D.D. (ed.)., Industrial Hygiene and Toxicology, Second Revised Edition, Vol. II, Toxicology, Interscience Publishers, New York, New York. (1963).

Personal Communication (Letter) with Erco Industries Limited, Islington, Ontario. (November, 1981).

Personal Communication, Missouri Department of Conservation, Columbia, Missouri. (15 June 1982).

Personal Communication, Sherritt Gordon Mines Limited. (1982).

Personal Communication, Sherritt Gordon Mines Limited, Toronto, Ontario. (3 February 1982).

Rehau, Mechan-O-Joint Water Pressure Pipe and Fittings, Montreal, Quebec. (1978).

Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials, Third Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, New York. (1968).

Scott's Industrial Directory of Ontario Manufacturers, 12th Edition, Penstock Directories Limited, Oakville, Ontario. (1979).

Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario. (December, 1980).

Stauffer Chemical Company of Canada Limited, Information Data Sheet on Diammonium Phosphate, Markham, Ontario. (1981).

Stauffer Chemical Company of Canada Limited, Information Data Sheet on Monoammonium Phosphate, Markham, Ontario. (1979).

Stauffer Chemical Company, Material Safety Data Sheet, Westport, Connecticut. (1981).

Stauffer Chemical Company, Product Safety Information, Diammonium Phosphate, Westport, Connecticut. (September, 1981).

Streeter, V.L., Fluid Mechanics, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1971).

Toxicity Data Base, Toxicology Information On-Line. Available from National Library of Medicine, Washington, D.C. (1981).

Uniroyal, Guide to Polymer Properties, Uniroyal Inc., Mishawaka, Indiana. Not dated.

U.S. Department of Labour, Material Safety Data Sheet, Monoammonium Phosphate, Occupational Safety and Health Administration, Washington, D.C. (1979).

U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, D.C. (1978).

Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, Ohio. (1980).

Welcher, F.J., Hahn, R.B., Semimicro Qualitative Analysis, D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton, New Jersey, pp. 458. (1955).

World Information Systems, "Spilled Fertilizer Kills More than 30,000 Fish in Missouri", Hazardous Material Intelligence Report, p. 3. (22 August 1980).